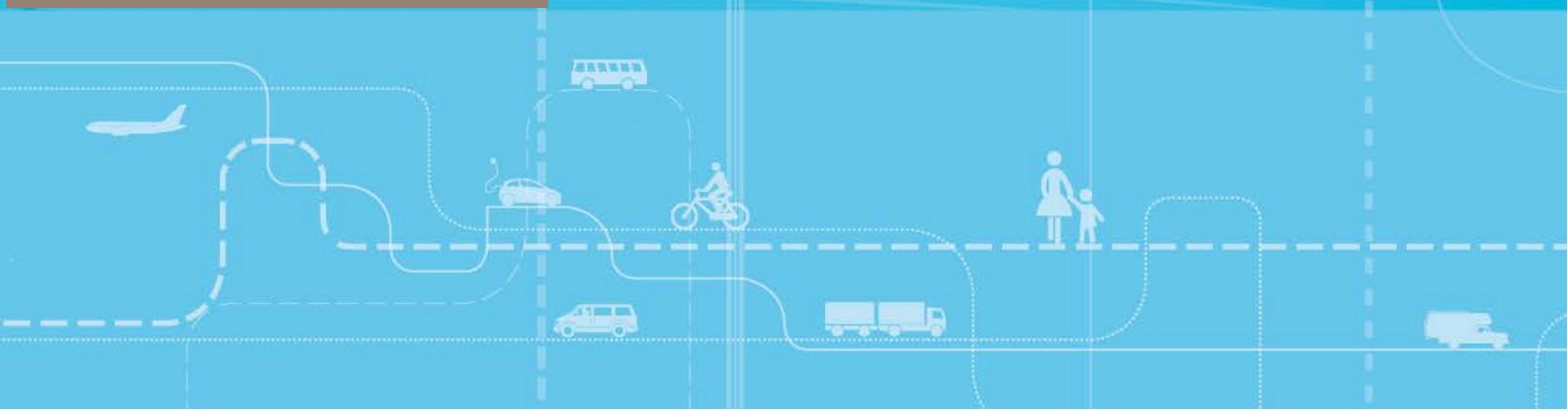


# Vurdering av det nasjonale modellsystemet for godstransport





# Vurdering av det nasjonale modellsystemet for godstransport

Wiljar Hansen, Anne Madslie, Stein Erik Grønland, Inger Beate Hovi og Gerard de Jong

Illustrasjon: Shutterstock

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

**Tittel** Vurdering av det nasjonale modellsystemet for godstransport

**Forfatter(e):** Wiljar Hansen, Anne Madslie, Stein Erik Grønland, Inger Beate Hovi og Gerard de Jong

**Dato:** 11.2016

**TØI rapport** 1559/2017

**Sider:** 58

**ISBN elektronisk:** 978-82-480-1899-5

**ISSN:** 0808-1190

**Finansieringskilde(r):** Samferdselsdepartementet

**Prosjekt:** Vurdering av det nasjonale modellsystemet for godstransport

**Prosjektleder:** Wiljar Hansen

**Kvalitetsansvarlig:** Kjell Werner Johansen

**Fagfelt:** 37 Transportmodeller

**Emneord:** Transportmodeller, Godstransport, Logistikk

#### Sammendrag:

I denne rapporten beskriver vi egnethet, begrensninger og utviklingsmuligheter i Nasjonal godstransportmodell (NGM). Det gis en gjennomgang av utviklingsmuligheter både på kort sikt innenfor dagens modellsystem og utviklingsmuligheter i et lengre tidsperspektiv og som vil kreve en større omlegging av modellsystemet. Modellsystemets egnethet diskuteres opp imot ulike mulige analyseproblemstillinger gitt av oppdragsgiver. Vi ser behovet for en forenkling av brukergrensesnittet i NGM og utvikling av brukerdokumentasjonen og anbefaler et sett av forbedringer innenfor dagens modellsystem: 1) innføring av kapasitetsrestriksjoner i havner, 2) mer detaljert transportnettverk, 3) utvidelse av havnestrukturen, 4) eget transportmode for supplyfartøy, og 5) tomcontainere som egen vareenhet. På lengre sikt mener vi at det neste steget i utviklingen av NGM, vil være å bevege seg over i retning av stokastiske elementer i modelloppsettet. Det anbefales videre at transportetatene igangsetter utviklingsarbeid med egne godstransportmodeller for byområder, og da i første omgang en egen modell for Osloregionen.

**Title** Evaluation of the National Freight Transport Model system in Norway

**Author(s)** Wiljar Hansen, Anne Madslie, Ste Erik Grønland, Inger Beate Hovi an Gerard de Jong

**Date:** 11.2016

**TØI Report:** 1559/2017

**Pages:** 58

**ISBN Electronic:** 978-82-480-1899-5

**ISSN:** 0808-1190

**Financed by:** Ministry of Transport and communications

**Project:** Evaluation of the National Freight transport Model system in Norway

**Project Manager:** Wiljar Hansen

**Quality Manager:** Kjell Werner Johansen

**Research Area:** 37 Transport Models

**Keyword(s)** Transport models, Freight, Logistics

#### Summary:

This report discusses the limitations and possible further developments of the Norwegian National Freight Transport Modelling System. We see the need for a simplified user-interface along with a thorough model documentation to maintain and create trust in the modelling system. In the short run, within the present modelling setup, we recommend a set of further developments: 1) capacity restrictions in harbor, 2) a more detailed road transport network, 3) expanding the harbor structure, 4) separate transport mode for supply vessels, and 5) empty containers as a separate commodity. In the long run, we believe that the next step in the continuous development of the Norwegian freight modelling system is to implement stochastic elements in the model system. We also recommend initiation of separate urban freight transport models for Norway, primarily for the Oslo region.

**Language of report:** Norwegian

*Transportøkonomisk Institutt  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no*

*Institute of Transport Economics  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway  
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no*

# Forord

Transportøkonomisk institutt (TØI) har fått i oppdrag fra Samferdselsdepartementet å gå igjennom den nasjonale modellsystemet for godstransport (NGM) for å foreslå forbedringer og å vurdere hvilke analyser NGM er egnet til.

Vurderingen har tatt utgangspunkt i to spørsmål:

1. Hvilke tilpasninger bør prioriteres for å gjøre NGM bedre?
2. Når skal myndighetene bruke Nasjonal godsmodell?

Prosjektet er gjennomført som et samarbeid mellom Transportøkonomisk institutt (TØI), SITMA (Norge) og Significance (Nederland). Wiljar Hansen har vært TØIs prosjektleder, mens Andreas Hedum i Samferdselsdepartementet har vært oppdragsgivers kontaktperson.

Rapporten er i hovedsak skrevet av Wiljar Hansen (TØI), med innspill fra Inger Beate Hovi (TØI), Anne Madslie (TØI), Stein Erik Grønland (SITMA) og Gerard de Jong (Significance). Med unntak av kapittel 4 skrevet av Anne Madslie (TØI) og kapittel 7 skrevet av Inger Beate Hovi (TØI) og Stein Erik Grønland (SITMA). Kvalitetsansvarlig har vært Kjell Werner Johansen (TØI), sekretær Trude Rømming har stått for den endelige redigeringen av rapporten.

Resultatene fra utredningen ble presentert på et seminar, i regi av Samferdselsdepartementet og med deltakelse fra transportetatene, i desember 2016.

Oslo, mars 2017

Transportøkonomisk institutt

*Gunnar Lindberg*  
direktør

*Kjell Werner Johansen*  
avdelingsleder



# Innhold

## Sammendrag

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
1.1	Innledning.....	1
1.2	Dokumentasjon av modellsystemet.....	1
1.3	Avgrensning .....	2
1.4	Rapportstruktur .....	2
<b>2</b>	<b>Noen prinsipielle betraktninger</b> .....	<b>3</b>
2.1	Modellering, kompleksitet og transparens .....	3
2.2	Modellering av godstransport.....	4
2.3	Validering.....	5
<b>3</b>	<b>Nasjonal godsmodell</b> .....	<b>8</b>
3.1	Oppbygging.....	8
3.2	Modellsystemet .....	8
3.3	Varestrømsmatrisene (basismatrisene) .....	9
3.4	Pingo .....	11
3.5	Nettverksmodell .....	11
3.6	Kostnadsmodellene.....	13
3.7	Logistikkmodulen.....	14
3.8	Bruk av Nasjonal godstransportmodell.....	14
3.9	Bruk av modellresultater i samfunnsøkonomiske analyser .....	17
<b>4</b>	<b>Pågående utviklingsarbeid</b> .....	<b>19</b>
4.1	Innledning.....	19
4.2	Utvikling av nye varestrømsmatriser til Nasjonal godsmodell.....	19
4.3	Revisjon av kostnadsfunksjonene til Nasjonal godsmodell .....	19
4.4	Ny funksjonalitet .....	20
4.5	Nye transportnettverk.....	21
4.6	Forskningsrådsprosjektet «Scale» .....	22
<b>5</b>	<b>Begrensninger og utviklingsmuligheter i NGM</b> .....	<b>23</b>
5.1	Detaljnivå og brukergrensesnitt.....	23
5.2	Validering / sensitivitetsanalyser på parametere i logistikkmodulen .....	24
5.3	Modellens kostnadsfunksjoner.....	25
5.4	Varestrømmer .....	26
5.5	Transportnettverket .....	29
5.6	Transportmidler, kjøretøy og fartøy .....	30
5.7	Soneinndeling.....	31
5.8	Resultatfiler.....	31
<b>6</b>	<b>Langsiktige utviklingsmuligheter</b> .....	<b>33</b>
6.1	Innledning.....	33
6.2	Integrerte areal og transportmodeller.....	33

6.3	Stokastisk modellering.....	34
6.4	Usikkerhet i etterspørsel og transporttid .....	35
6.5	Rutevalg og tidspunkt for levering .....	37
<b>7</b>	<b>Anvendelse av modellsystemet .....</b>	<b>38</b>
7.1	Generelle erfaringer .....	38
7.2	Noen spesifikke eksempler på bruk .....	41
<b>8</b>	<b>Konklusjon og diskusjon.....</b>	<b>52</b>
8.1	Komplekse sammenhenger krever komplekse løsninger .....	52
8.2	Godsmodellsystemets egnethet.....	52
8.3	Utviklingsmuligheter.....	55
<b>9</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>57</b>



---

## Sammendrag

# Vurdering av det nasjonale modellsystemet for godstransport

TØI rapport 1559/2017

Forfatter(e): Wiljar Hansen, Anne Madslie, Stein Erik Grønland, Inger Beate Hovi og Gerard de Jong

Oslo, 2017 58 sider

---

*Foreliggende rapport er en utredning av styrker og svakheter ved Nasjonal Godstransportmodell (NGM). Det blir gitt en gjennomgang og anbefalinger av kort- og langsiktige utviklingsmuligheter i modellsystemet, samt en vurdering av modellsystemets egnethet i ulike typer av analyser.*

## Innledning

For å sikre at samferdselspolitikken baserer seg på best mulig analyseverktøy, er det viktig med en grundig vurdering av svakheter, styrker og anvendelsesområder for det Nasjonale Godstransportmodellsystemet (NGM), samt en vurdering av når det vil være hensiktsmessig å benytte andre analyseverktøy. Samferdselsdepartementet har i den forbindelse innhentet vurderinger av NGM fra tre ulike analysemiljøer hvor alle tre har fått samme mandat i vurderingen. Vurderingene tar utgangspunkt i følgende to hovedspørsmål:

1. Hvilke tilpasninger bør prioriteres for å gjøre NGM bedre?
2. Når skal myndighetene bruke nasjonal godsmodell?

Nasjonale godstransportmodell er et komplekst modellsystem, som krever et omfattende datasett for input og ekspertkunnskap for å betjene. En modell er en forenkling av virkeligheten og vil alltid basere seg på en rekke forutsetninger som i varierende grad er realistiske i forhold til de komplekse sammenhengene modellen er konstruert for å gjenspeile. Størrelsen og kompleksiteten i et modellsystem avhenger av problemstillingene modellen skal brukes til å analysere.

Transportmodeller er verktøy i transport- og samfunnsplanlegging, hvor formålet er å hjelpe beslutningstakere til å treffe beslutninger omkring fremtidig utvikling slik at mål, design, politikk og investeringer kan utformes for å møte et fremtidig behov for å flytte mennesker og varer til destinasjoner. Et modellresultat er en prognose på en mulig fremtidig utvikling gitt de forutsetninger som ligger til grunn for analysen. Det er viktig at brukerne av modellen er bevisst på forutsetningene, for å kunne analysere resultatene fra modellen, samtidig som forutsetningene må klargjøres for beslutningstakerne slik at disse kan treffe beslutninger på et riktigst mulig grunnlag.

Stadig mer komplekse modellsystemer kommer med en kostnad i form av fallende transparenshet, hvor det er vanskelig for beslutningstakere å få oversikt over hva modellresultatene kommuniserer, hva modellen har utelatt og hvilke mekanismer og forutsetninger som ligger til grunn for resultatene. Kompleksitet i modellsystemet innebærer også økt detaljeringsgrad i inndataene til modellen, noe gjør det krevende å bruke, vedlikeholde og oppdatere modellsystemet. Dette øker også modellens kjøretid og behov for regnekraft.

## Nasjonal godsmodell

Det nasjonale modellsystemet for godstransport i Norge består av et sett varestrømsmatriser, en likevektsmodell, kostnadsfunksjoner, en nettverksmodell og en detaljert logistikkmodul for valg av sendingsfrekvens og transportløsning. Varestrømsmatrisene, kostnadsfunksjonene og nettverksmodellen er input til logistikkmodulen, som er en selvstendig, kjørbær applikasjon utviklet av det nederlandske firmaet Significance.

## Pågående utviklingsarbeid

Den nasjonale godsmodellen er i stadig utvikling, og høsten 2016 er følgende prosjekter igangsatt for oppdatering og forbedring av modellen:

- Utvikling av nye varestrømsmatriser til Nasjonal godsmodell
- Revisjon av kostnadsfunksjonene til Nasjonal godsmodell
- Ny funksjonalitet
- Nye transportnettverk

Statistisk sentralbyrå (SSB) har ferdigstilt en ny varetransportundersøkelse (VTU). Undersøkelsen er omfattende både i bredde på næringskategorier og mengde innsamlede data, og vil forbedre informasjonstilfanget i varestrømsmatrisene betydelig. Basert på dette pågår et arbeid med å etablere nye varestrømsmatriser for nasjonal godstransportmodell. Kostnadsmodellene til Nasjonal godstransportmodell skal oppdateres til 2015-nivå. I den forbindelse vil det blant annet også bli sett på om det er nye kostnadselementer som skal inkluderes i modellen, gjort en vurdering av standardparametere og foretatt en gjennomgang og videreutvikling av kostnadene for lager og andre vareavhengige kostnader. I oppgavene som tidligere er nevnt er det flere ting som kan påvirke selve modellen og som vil kreve at det gjøres endringer. Eksempler på dette er hvis man bestemmer seg for å endre

- varegrupper
- soneinndeling
- antall og lokalisering av terminaler
- kjøretøytyper

Dersom varegruppene endres så vil det kreves en del endringer i input- og styringsfiler til modellen.

Det er under planlegging et arbeid for at godsmodellen skal hente sitt vegnett direkte fra Nasjonal vegdatabank, slik at det blir sammenfallende med vegnettet som benyttes i persontransportmodellene.

Det er flere begrensninger og utviklingsmuligheter i modellsystemet. Noen av disse er av en sånn art at de kan implementeres på kort sikt innenfor dagens modellsystem, mens andre igjen krever en større omlegging som det er naturlig å se for seg i et lengre tidsperspektiv.

## Begrensninger og utviklingsmuligheter innenfor dagens modellsystem

Det er behov for forenkling av brukergrensesnittet i NGM. Dette gjelder både kjøring av modellen, tolkning av modellresultater og bruken av modellresultater til samfunnsøkonomiske beregninger. En velutviklet brukerdokumentasjon og gjentagende opplæring av nye brukere, er nødvendig for å opprettholde og skape tillit til modellsystemet. I en slik brukerdokumentasjon er det viktig å tydeliggjøre forutsetningene i modellen og hvordan disse bidrar til modellresultatene. God brukerdokumentasjon er essensielt for legitimiteten til et modellsystem. Herunder sensitivitetsanalyser av viktige modellparametere.

På kort sikt anbefaler vi følgende videreutvikling av modellsystemet:

- innføre mulighet for kapasitetsrestriksjoner i havner,
- samsvarende transportnettverk med persontransportmodellene,
- gjennomgang og utvidelse av havnestrukturen,
- eget transportmode for supplyfartøy til/fra installasjoner i Nordsjøen,
- definere tomcontainere som egen vareenhet.

Nytt datagrunnlag vil gjøre resultatfilene fra modellen for store til å kunne behandles i Excel. For å ikke øke brukerterskelen til NGM bør man derfor vurdere å predefinere et nytt sett av resultatfiler som genereres automatisk.

## Langsiktige utviklingsmuligheter

I rapporten diskuteres det i hovedsak fire langsiktige utviklingsmuligheter for NGM:

- Integreerte areal- og transportmodeller
- Stokastisk modellering
- Usikkerhet i etterspørsel og transporttid
- Rutevalg og tidspunkt for levering

Dette er utviklingsmuligheter som krever en større omlegging av modellsystemet og som vil kreve flere ressurser og være mer kostnadskrevende enn kortsiktige utviklingsmuligheter innenfor dagens modellsystem. Vi mener at det neste steget i den langsiktige utviklingen av NGM, vil være å bevege seg bort fra dagens deterministiske modell og over i retning av stokastiske elementer i modelloppsettet. Nye datamuligheter i for eksempel Utenrikshandelsstatistikken kan her utnyttes.

## Anvendelse av modellsystemet

De generelle erfaringene fra anvendelsen av modellsystemet er at modellen fungerer logisk i forhold til hva som kan forventes ut i fra transportøkonomisk og logistisk fagkompetanse.

I kommunikasjonen med oppdragsgiver er vi bedt om å se spesielt på modellsystemets egnethet i analyser av:

- Avgiftsendringer
- Beregninger av overføringspotensialer
- Havnekonsentrasjon
- Relokalisering av jernbaneterminal
- Kombinasjon av havneeffektivisering og havnekonsentrasjon
- Incentivordninger for godsoverføring fra veg til sjø

Da alle de ovenfor nevnte problemstillingene er belyst i ulike prosjekter hvor TØI / Sitma har deltatt og gjort modellberegningene, har vi i hovedsak basert vurderingene på konkrete prosjekterfaringer, hvor disse er supplert med tips til hvordan NGM kan anvendes til analyser av denne typen.

Oppsummert viser analyser at NGM i prinsippet kan benyttes til å analysere alle godstransporttiltak hvor effektene kan tallfestes i endringer i kostnader, tid eller distanse. Erfaring fra modellanalyser viser at det for konseptvalganalyser hvor det er liten geografisk forskjell mellom alternativene, kan være utfordrende for modellsystemet å skille tilstrekkelig mellom konseptene. NGM gir heller ingen endringer i bedriftslokalisering som følge av endringer i infrastruktur eller endret virkemiddelbruk

## **Bymodeller**

Det anbefales at transportetatene igangsetter utviklingsarbeid med egne godstransportmodeller for byområder, og da i første omgang en egen modell for Osloregionen.

Det er økt etterspørsel etter egne logistikkanalyser for byområder. Dagens sonestruktur i NGM har for lav oppløsning til at modellsystemet er egnet for slike analyser. En kraftig utvidelse av antall soner innenfor dagens modellsystem er ikke å anbefale. Dette vil gi en unødvendig økning i kompleksitet og i vårt syn ikke være i tråd med intensjonen for Nasjonal godsmodell. Den nye varestrømsundersøkelsen har gitt økt datatilgjengelighet som muliggjør utviklingen av egne modeller for byområder og man bør vurdere å starte utviklingen av en bymodell for Osloregionen som er konsistent med NGM.

# 1 Innledning

## 1.1 Innledning

Transportetatene og Avinor har i løpet av de seneste årene finansiert utviklingen av en nasjonal godstransportmodell for Norge basert på et sett basismatriser, kostnadsfunksjoner, transportnettverk og en logistikkmodul. Modellsystemet består i tillegg av likevektsmodellen PINGO. Til sammen utgjør dette det nasjonale godsmodellsystemet (NGM) for Norge.

NGM har vært benyttet i en lang rekke anvendelser. Modellsystemet er i flere omganger anvendt for å fremskaffe grunnprognoser for godstransport til Nasjonal Transportplan (NTP). Utover dette er NGM benyttet til analyser av effektene av en lang rekke tiltak i samferdselssektoren, både på KVVU-nivå og for temaanalyser i forbindelse med NTP-prosessen. Analysene varierer fra å se på enkelte varegrupper i et regionalt perspektiv, til nasjonale analyser i et overordnet perspektiv av hele godssektoren, så vel som analyser av infrastrukturprosjekter, politikkvariable og incentivordninger.

Den foreliggende rapporten er utarbeidet av Transportøkonomisk institutt (TØI) i samarbeid med SITMA (Norge) og Significance (Nederland). For å sikre at samferdselspolitikken baserer seg på best mulig analyseverktøy, er det viktig med en grundig vurdering av svakheter, styrker og anvendelsesområder for NGM, samt en vurdering av når det vil være hensiktsmessig å benytte andre analyseverktøy. Samferdselsdepartementet har i den forbindelse innhentet vurderinger av NGM fra tre ulike analysemiljøer hvor alle tre har fått samme mandat i vurderingen. Vurderingene tar utgangspunkt i følgende to hovedspørsmål:

1. Hvilke tilpasninger bør prioriteres for å gjøre NGM bedre?
2. Når skal myndighetene bruke nasjonal godsmodell?

NGM består av et sett av delmodeller som i sum utgjør et modellsystem. Basismatriser, kostnadsfunksjoner og transportnettverk er input til logistikkmodulen, som er en selvstendig, kjørbare applikasjon utviklet av det nederlandske firmaet Significance. Kostnadsfunksjonene er utviklet av det norske firmaet SITMA. Likevektsmodellen PINGO, utviklet ved TØI, og varestrømsmatrisene utgjør etterspørselssiden av modellsystemet, mens nettverksmodellen og logistikkmodulen utgjør tilbudssiden. Datagrunnlaget for NGM er innhentet og bearbeidet av TØI og SITMA på oppdrag fra Tverretattlig arbeidsgruppe for transportanalyser i Nasjonal transportplan (NTP Transportanalyser).

## 1.2 Dokumentasjon av modellsystemet

Under følger henvisning til skriftlig dokumentasjon av de ulike elementene i NGM.

### Logistikkmodulen:

Significance (2013). *Method Report – Logistics Model in the Norwegian National Freight Model System (Version 3)*. Gerard de Jong, Moshe Ben-Akiva and Jaap Baak (Significance), Stein Erik Grønland (SITMA).

**Kostnadsmodellen:**

Grønland, Stein Erik (2015) *Kostnadsmodeller for transport og logistikk. Basisår 2012*. TØI-rapport 1435/2015. Oslo: SITMA og Transportøkonomisk institutt.

**Brukerguide:**

Madslie, Anne, Christian Steinsland og Stein Erik Grønland 2015. *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. TØI-rapport 1429/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

**Varestrømsmatrisene:**

Hovi, Inger Beate, Elise Caspersen og Berit Grue (2015). *Varestrømsmatriser med basisår 2012/2013*. TØI-rapport 1399/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

**Framskrivning av godstransport:**

Hovi, Inger Beate, Elise Caspersen, Bjørn Gjerde Johansen, Anne Madslie og Wiljar Hansen 2015. *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. TØI-rapport 1393/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

**PINGO:**

Hansen, Wiljar og Bjørn Gjerde Johansen (2016): *Beregning av netto ringvirkninger på utvalgte prosjekter, NTP 2018-2029*. TØI-rapport 1471/2016. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

## 1.3 Avgrensning

Det er igangsatt arbeid med utvikling av nye varestrømsmatriser basert på ny varetransportundersøkelse utført av SSB. Inkonsistens og begrensinger i NGM som skyldes dagens varestrømsmatriser vil derfor ikke i utstrakt grad bli behandlet i denne rapporten da disse i hovedsak er opphavet til den reviderte varetransportundersøkelsen. Det pågår også et revisjonsarbeid med kostnadsmodellen, og vi vil derfor heller ikke fokusere på enkeltelementer i kostnadsfunksjonene da disse allerede er gjenstand for revisjon.

## 1.4 Rapportstruktur

Vi har adressert problemstillingene gitt i mandatet fra Samferdselsdepartementet gjennom å vurdere begrensingene og utviklingsmulighetene til NGM både på kort-, mellomlang og lang sikt. Innledningsvis (kapittel 2) ser vi på noen prinsipielle betraktninger rundt modellering av godstransport, kompleksitet, transparenss og validering av transportmodeller. I kapittel 3 gir vi en kort gjennomgang av NGM slik at leseren lettere kan henge med på vurderingene som presenteres senere i rapporten. Pågående utviklingsarbeid i NGM er omtalt i rapportens kapittel 4. I kapittel 5 ser vi på begrensninger og utviklingsmuligheter innenfor dagens modellstruktur, mens kapittel 6 omhandler utviklingsmuligheter i et lengre perspektiv som vil kreve en større omlegging av modellsystemet. Erfaringer gjort ved praktisk anvendelse av modellsystemet er gjengitt og diskutert i kapittel 7. Avslutningsvis oppsummeres og konkluderes det i rapportens kapittel 8.

## 2 Noen prinsipielle betraktninger

### 2.1 Modellering, kompleksitet og transparens

Alle modeller er forenklinger av virkeligheten, basert på en rekke forutsetninger som i varierende grad er realistiske i forhold til de sammenhengene modellen er konstruert til å skulle gjenskape. For å kunne vurdere egnetheten og realismen til et modellsystem, må det avklares hva som er formålet med modellen. Først når formålet er avklart kan modellen valideres for å se om den tjener det formålet den er utviklet for. En modell kan alltid gjøres mer detaljert og det er ofte ønsket om å fange mer sofistikerte sammenhenger. Det er imidlertid en viktig avveining mellom kompleksitet og transparens. Mer komplekse modellsystemer har en kostnad i form av fallende transparens.

Kompleksitet i modellsystemet innebærer også økt detaljeringsgrad i inndataene til modellen, noe som virker negativt inn på brukervennlighet og vedlikehold/oppdatering av modellsystemet og modellens kjøretid og behov for regnekraft. Systemets utviklingsmuligheter vil derfor nødvendigvis måtte vurderes opp imot kriterier for kompleksitet, transparens og brukervennlighet. Transparens i et modellsystem kan måles på flere nivåer. For en som kjenner nasjonal godstransportmodell godt, så har den god transparens i den forstand at transportvalg ned på den enkelte transportkjede kan belyses i detalj, mens dette nok kan være krevende for en lite øvet modellbruker. I videre forstand omhandler transparens muligheten for publikum til å forstå opphavet til modellresultatene gitt modellens forutsetninger. Jo mer komplekst et modellsystem er, desto vanskeligere er det generelt å følge alle modellens fasetter og forutsetninger, og da vanskeligere å oppnå transparens.

Transparens er også sterkt linket opp mot sporbarhet, og da i den forstand at modellresultatene kan gjenskapes av andre enn den som har utført analysene. Etterprøvbare modeller er en viktig egenskap. For å oppfylle denne egenskapen bør modellen være transparent og konseptuelt forståelig.

På generelt vis kan transportmodeller klassifiseres etter 1) hvordan de representerer tid (statiske eller dynamiske modeller), 2) modellopløsningen (makro-, meso- eller mikromodeller), og 3) hvordan de håndterer usikkerhet i prosessene som modelleres (deterministiske eller stokastiske modeller).

NGM er en statisk og deterministisk modell. Deterministiske modeller har generelt et svakere empirisk grunnlag enn modeller hvor adferden til agentene er estimert på faktiske observerbare data. NGM er i stor grad kalibrert. Begrepene estimering og kalibrering benyttes ofte litt om hverandre. Med estimering menes strengt tatt at det er benyttet en statistisk metode for å anslå verdien på en ukjent parameter. Estimering vil dermed gi statistisk usikkerhet knyttet til parameterverdien, noe som gjenspeiles i forventningsverdiens standardavvik og varians. Kalibrering derimot omhandler justering av parametere for at modellen skal stemme overens med faktiske observasjoner. Eksempelvis er NGM kalibrert til å passe med observerte aggregerte varestrømmer. Spesielt for nyttekostnadsanalyser hvor man direkte sammenligner scenarier, er det viktig at modellresultatene kan ansees som robuste. Robusthet er tett knyttet til hvordan usikkerheten (stokastikken) tas med i modellen.

Modellsystemer av denne art er under kontinuerlig utvikling. Nye data gir nye muligheter, datagrunnlaget oppdateres og bruk av modellen avdekker inkonsistens og forbedringsmuligheter. Slik må det nesten være. All modellutvikling av en viss størrelse skjer trinnvis, hvor testing av modellen og tilbakemeldinger fra brukere avdekker svakheter og inkonsistens, som modellutvikleren i neste omgang forsøker å rette opp. Det er store utviklingskostnader forbundet med etableringen og vedlikeholdet av både strategiske og taktiske transportmodeller. Nasjonal godstransportmodell skal kunne ha en levetid på flere tiår. Det er da viktig med fleksibilitet i utviklingsmulighetene i modellen slik at modellsystemet kan oppdateres i tråd med fremtidige behov. Det er eksempelvis svært vanskelig å snu et statisk modellverktøy til å bli et dynamisk modellsystem, mens det trinnvis kan innføres stokastiske elementer i et deterministisk system.

## 2.2 Modellering av godstransport

Modellering av godstransport er på mange måter mer komplekst enn persontransportmodellering. Sett bort i fra egentransport, så er vareeiere i hovedsak opptatt av fraktrater, pålitelighet, skaderisiko og transporttider, og i mindre grad kostnadene for transportmidlene og terminaloperasjonene (Larsen 2014). Transporttilbudet er i så henseende i all hovedsak bestemt ut ifra kommersielle hensyn. I NGM, på den annen side, legges det vekt på kostnader for hvert enkelt transportmiddel i valg av transportløsning, og i mindre grad markedstilpasning av fraktrater og transporttilbud. Prisene som vareeierne i realiteten betaler vil dels være synlige i publiserte fraktrater og dels et resultat av forhandling / megling. Det er korrelasjon mellom de underliggende kostnadene for transportmidlene og fraktratene, men ikke nødvendigvis en direkte sammenheng.

Dersom man studerer transportørenes offentlig tilgjengelige fraktrater, så er det en fallende sammenheng mellom kr/km og transportert lengde (Askildsen 2008). Transportmarkedet har også mange kjennetegn som minner om frikonkurranse: lave inngangsbarrierer, stort antall aktører, og graden av standardisering av tjenestene som omsettes er relativt høy.

Generelt sett er det stordriftsfordeler når det kommer til transportmidler, slik at kostnaden per enhet kapasitet synker med størrelsen på kapasiteten til fartøyet. For vareeier er det også en fallende sammenheng mellom enhetsprisen (kr/kg) og forsendelsens størrelse. Det er også elementer av stordriftsfordeler å spore ved at det synes som om fraktratene er lavere på relasjoner mellom de større byene (der totalvolumet er større) enn mellom mindre steder, selv om avstanden er den samme. For avsender, så vel som mottaker, krever utnyttelse av stordriftsfordeler at det er tilstrekkelig lagerkapasitet, noe som igjen øker kostnadene.

Fraktrater vil i all hovedsak ligge over transportørens marginalkostnader. Retningsubalanse i rutegående godstransport kan i tillegg gi seg utslag i differensierte fraktrater. Fraktratene differensieres da slik at det er relativt sett billigere å transportere varer motstrøms enn medstrøms, hvor da vareflyten medstrøms betaler for en større andel av det totale rutetilbudet.

Dette er noen elementer som synliggjør kompleksiteten i modellering av godstransport.



## 2.3 Validering

Validering er et ledd i kvalitetskontrollen av modellen. Et modellsystem kan valideres i ulike dimensjoner. Lundqvist og Mattsson (2002) karakteriserer fire typer validering av transportmodeller: praktisk, teoretisk, internt og eksternt.

- A. Praktisk validering:** (systemdesign og modellformål) Hvilke deler av transportsystemet modelleres? Hvilke mekanismer er endogene og hvilke er eksogene? Hvilke type scenarier kan modellen analysere?
- B. Teoretisk validering:** Hvilket teoretisk fundament ligger til grunn for modelleringen? Hvordan er de ulike delmodellene / undermodellene koplet sammen? Hvordan modelleres kausale sammenhenger?
- C. Intern validering:** Hvor godt reproducerer modellen dataene den er estimert på (goodness of fit)? Har parametere riktig fortegn og er de statistisk signifikante? Er predikerte endringer i forklaringsvariable rimelige (sensitivitetsanalyser)?
- D. Ekstern validering:** Kan modellsystemet reproducere andre uavhengig observerte sammenhenger (for eksempel trafikktegnelser dersom disse ikke er benyttet i modelleringen)? Er modellens elastisiteter i tråd med hva som kan observeres i faglitteratur? Hvor godt kan modellen reproducere fremtidige endringer (forecasting) eller observerte tidligere endringer (backcasting)?

Deterministiske modeller med stor grad av kalibrerte parameterverdier, vanskeliggjør intern validering. Kalibrerte verdier har ikke standardavvik og varians og det lar seg ikke gjøre å utføre statistiske tester på modellens forklaringskraft. For intern validering av kalibrerte modeller må man heller i utstrakt grad benytte seg av sensitivitetsanalyser på parameterverdier i modellen for å synliggjøre hvordan modellresultatene avhenger av spesifikke valgte verdier.

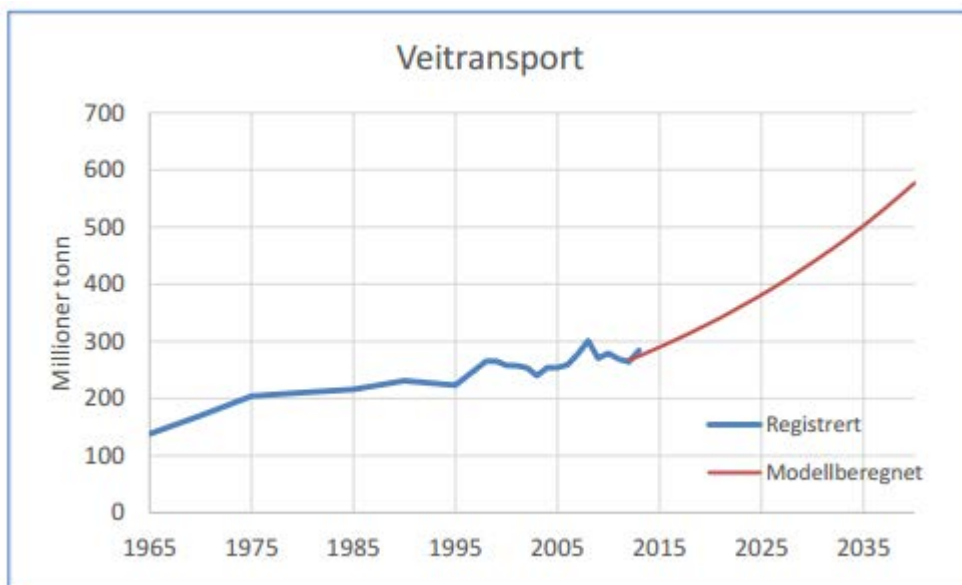
Til ekstern validering av modellen bør det tas utgangspunkt i transportstatistikk som ikke allerede er benyttet som inndata i modellen. Det vil i all hovedsak si til etablering av varestrømsmatrisene. Utfordringen er imidlertid at databehovet i modellen er stort og ulike kilder til informasjon er en knapp ressurs. Derfor brukes grunnlagsdata fra SSBs kvartalsvise havnestatistikk og utenrikshandelsstatistikk, både som grunnlagsdata i varestrømsmatrisene og til validering, men med ulike parametere. For havner er det den årlige havnestatistikken (som også omfatter de små havnene) som er benyttet i validering av tonn lastet og losset i havnene, mens for utenrikshandel benyttes informasjon om transportmiddelfordelte tonn ved grensepassering som grunnlag for valideringen. Man har da følgende statistikk tilgjengelig til å validere modellen:

1. Transportytelser i Norge (utgis av SSB og i den årlige publikasjonen med samme navn av TØI), oversikt over nasjonale transportytelser
2. SSBs Havnestatistikk, lastet og losset volum i alle trafikkhavner
3. Terminalstatistikk fra Jernbaneverket
4. Transportmiddelfordeling ved grensepassering fra SSBs Utenrikshandelsstatistikk
5. I tillegg har man følgende datakilder til validering av trafikk:
  - a. SVVs vegtrafikktegnelser (nivå 1-tellepunkter)
  - b. Kystverkets anløpsdatabase basert på AIS
  - c. Jernbaneverkets TIOS-database

Valideringen av et modellsystem avhenger av hvilken planleggingshorisont modellen er konstruert for å dekke. Operasjonelle trafikkm modeller med stor detaljgrad, men som ikke er designet for prognoseformål, har helt andre valideringskrav enn langsiktige strategiske modeller som kanskje bare trenger å være nøyaktige i relative forhold. Hvor det relativt sett, for eksempel, kan indikeres hvilken effekt som mest sannsynlig vil være den dominerende når det analyseres effekter av ny politikk, men hvor man ikke kan validere modellen ned på lenkenivå. NGM er konstruert for å være et taktisk modellsystem som evner å framskrive trafikkmengder og varestrømmer 20-40 år fram i tid. Kravet til detaljeringsgrad grenser noen ganger opp imot de operasjonelle trafikkmmodellene, mens modellsystemet snarere burde grenset opp imot de strategiske langsiktige modelltypene.

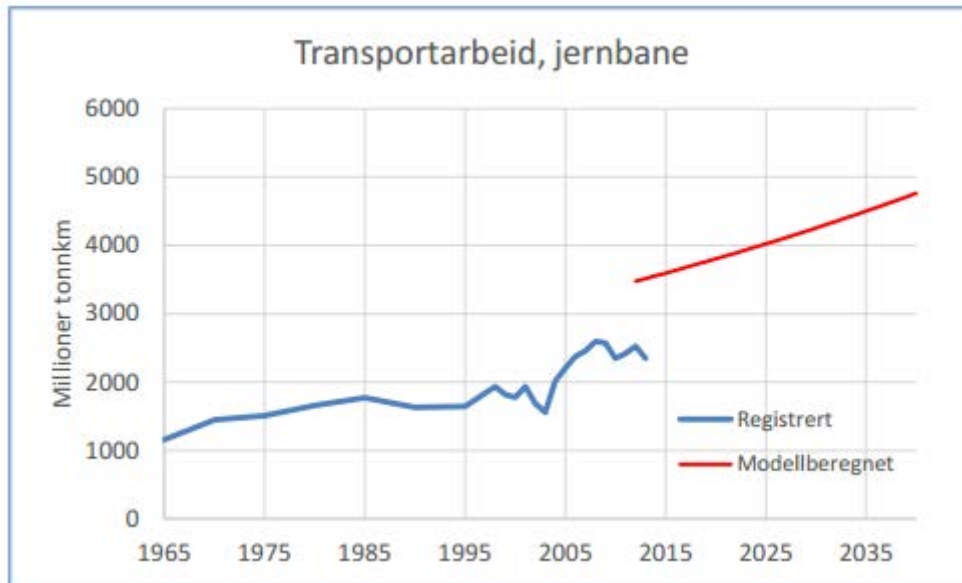
Vi vil ikke her presentere en full sammenlikning av modell mot statistikk, da det er en nokså omstendelig oppstilling, men viser til kapittel 6 i Hovi, Caspersen og Grue (2015). Vi vil imidlertid peke på noen forhold man må være klar over når man skal validere modellprognosene opp imot transportytelsesstatistikk fra SSB. Transportytelsesstatistikken, slik den har foreligget til nå, dekker i prinsippet kun norskregistrerte kjøretøy og NOR-registrerte fartøy. Det vil si at kabotasjetransport ikke er inkludert. For jernbane- og lastebiltransport utgjør kabotasje mindre andeler, men for sjøtransport utgjør kabotasje en stor og økende andel. En analyse basert på grunnlagsdata fra havnestatistikken for 2010-2015 (Haukås, 2016) viser at for sjøtransport inkluderer transportytelsesstatistikken mer enn det som utføres med NOR-registrerte skip, men mindre enn det som totalt sett utføres innenriks og på norsk område for alle flaggstater.

Videre er det en inkonsistens i transportytelsene mht hvilke transporter som medregnes i transportarbeidet for lastebiler og for jernbanetransport. Det gjelder transittransporter mellom Sør- og Nord-Norge gjennom Sverige og Finland. Disse transportene er medregnet i transportarbeidet for lastebil, men ikke for jernbanetransport. Det at transittransporter gjennom Sverige med jernbane ikke er inkludert i SSB sin transportytelsesstatistikk, gjør at det ved første øyekast kan virke som om det er inkonsistens mellom godsmodellens prognoser og trenden fra statistikken. Figurene under viser historisk utvikling i godsmengde på vei og transportarbeid med jernbane, i begge tilfeller er den historiske utviklingen sammenlignet med prognoser fra Nasjonal godsmodell.



Figur 2-1: Kilde SSB, figuren er hentet fra (Homleid, Ekhaugen et al. 2016)

Som figuren over viser, er det ingen trendbrudd i sammenligningen av historisk utvikling i godsmengde (tonn) for veitransport og prognosene fra godsmodellen. For godstransport på veg er transittransporten gjennom Sverige inkludert både i statistikken og modellen.



Figur 2-2: Kilde SSB, figuren er hentet fra (Homleid, Ekhaugen et al. 2016)

Derimot kan det synes som om det er et trendbrudd når vi ser på statistikken over transportarbeid på jernbane sammenlignet med prognosene fra godsmodellen. Her trenger man imidlertid litt kjennskap til statistikkildene før man konkluderer. I godsmodellen er transittransportene medregnet i *innenlandske transportytelser for begge transportformer*. For en bruker som ikke kjenner transportstatistikken godt, kan det derfor se ut som om modellen gir en kraftig overestimering av transportarbeidet for jernbane innenriks. Dette skyldes at transportarbeid knyttet til togene mellom Oslo og Narvik ikke er medregnet i transportstatistikken fra toget går ut av landet ved Kongsvinger og til det kommer inn igjen i Norge ved Bjørnfell.

For en grundigere ekstern validering av modellen viser vi til (Hovi, Caspersen et al. 2015).

## 3 Nasjonal godsmodell

### 3.1 Oppbygging

Det nasjonale modellsystemet for godstransport i Norge består av et sett varestrømsmatriser, en likevektsmodell, kostnadsfunksjoner, en nettverksmodell og en detaljert logistikkmodul for valg av sendingsfrekvens og transportløsning.

Varestrømsmatrisene, kostnadsfunksjonene og nettverksmodellen er input til logistikkmodulen, som er en selvstendig, kjørbar applikasjon utviklet av det nederlandske firmaet Significance. Modellen kjøres normalt gjennom et brukergrensesnitt utviklet i transportmodellprogrammet CUBE.

Modellsystemet kan deles inn i en etterspørsels- og en tilbudsside. Etterspørselssiden er representert ved et sett av matriser for varestrømmer mellom kommuner i Norge og mellom kommuner i Norge og utlandet, og den romlige likevektsmodellen PINGO (Ivanova, Vold et al. 2002, Vold and Jean-Hansen 2007), en modell for fremskriving av varestrømsmatriser for analyse av fremtidig etterspørsel etter godstransport i Norge. Likevektsmodellen PINGO er senere videreutviklet (Hansen og Johansen 2016) med en langt finere soneinndeling enn i de opprinnelige modellversjonene.

Tilbudssiden er representert ved godsmodellen som består av en nettverksmodell, kostnadsfunksjoner og logistikkmodulen (de Jong and Baak 2008). Transportløsninger velges slik at bedriftenes logistikkostnader minimeres basert bl.a. på grunnlag av informasjon om transportdistanse og tid (LoS-data) hentet fra nettverksmodellen. Nettverksmodellen kan også benyttes til å lage kartplott, basert på transportmiddelfordelte varestrømmer fra godsmodellen.

For en innføring i bruken av Nasjonal godstransportmodell henviser vi til (Madslien, Steinsland et al. 2015).

I de påfølgende avsnittene vil vi gi en kort presentasjon av hvert enkelt element i Nasjonal godsmodell.

### 3.2 Modellsystemet

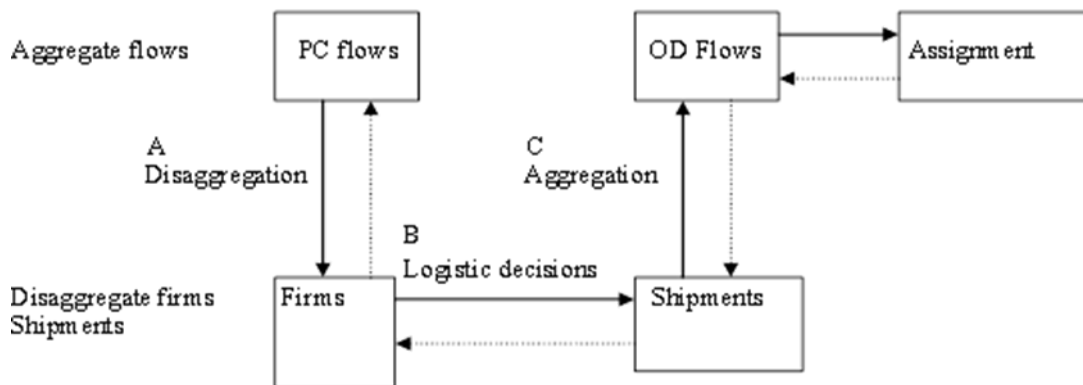
De viktigste delkomponentene som inngår i Godsmodellen, er:

1. Varestrømsmatriser, som skal representere årlig vareflyt mellom norske kommuner og mellom norske kommuner og utlandet, fordelt på 39 aggregerte varegrupper. Det er disse matrisene som fremskrives basert på vekstbaner fra likevektsmodellen PINGO, slik at de representerer etterspørselen etter godstransport i hvert prognoseår.
2. Informasjon om antall bedrifter i hver sone som er hhv leverandører eller mottakere av hver varetype i varestrømsmatrisene.
3. Nettverk som representerer de fysiske framføringsårene for veg, sjø, jernbane og flytransport, og terminaler og omlastingspunkter mellom disse. Basert på dette nettverket hentes ut informasjon om transportdistanse, transporttid etc. mellom alle soner i systemet, for ulike transportmidler og kjøretøytyper. Disse dataene benyttes

sammen med kostnadsfunksjonene til å etablere transportkostnader for alle fremføringsalternativer og transportkjeder.

4. Kostnadsfunksjoner, som representerer transportmidlenes tids- og distanseavhengige kostnader relatert til framføring av godset, samt lasting/lossing og omlastingskostnader og kapitalkostnader (inkludert degraderingskostnader) for varer i transport. Det inngår også andre logistikkostnader som ordrekostnader, lagerholdskostnader, mv.
5. Optimeringsrutiner for valg av sendingsstørrelse og transportkjede, der optimering gjøres basert på minimering av logistikkostnadene.

Nasjonal godsmodell kan beskrives som et aggregate-disaggregate-aggregate (ADA) modellsystem. Begrensninger i datatilgjengeligheten gjør at produsent-konsument (PC) vareflyten og nettverksmodellen er spesifisert på et aggregert nivå. Mellom disse aggregerte modellkomponentene er det en modell som beskriver valget av sendingsstørrelse og transportkjede, inkludert transportform for hver transportkjede. Denne modellen er disaggregert ned til bedriftsnivå, som er ansett som beslutningstakende enhet for godstransport. Figuren under gir en skjematisk framstilling av modellstrukturen, hvor de ulike boksene i figuren indikerer modellkomponenter.



Figur 3-1: ADA-strukturen i Logistikkmodulen (de Jong, Ben-Akiva et al. 2008).

Varestrømsmatrisene, med basisår 2013, gir aggregerte varestrømmer mellom soner for hver av modellens 39 varegrupper. Matrisene gir informasjon om hvor mange tonn av en varetype som pr år fraktes mellom sonene i modellen.

Vareflyten i PC-matrisene disaggregeres deretter ned til leveranser mellom bedrifter. I denne nedbrytningen benyttes informasjon om gjennomsnittlig antall mottakere/kunder per produsent, antall produsenter og konsumenter av hver varegruppe i hver sone, samt gjennomsnittlig årlig leveranse pr bedrift.

Modellen benytter PC-matriser som input og produserer OD-matriser som output til nettverksmodellen.

### 3.3 Varestrømsmatrisene (basismatrisene)

Varestrømsmatrisene utgjør et sentralt element i Nasjonal godstransportmodell og skal representere all vareflyt i tonn internt i Norge og til/fra utlandet mellom tilbydersiden, representert ved produsenter, importører og grossister, og anvendelsessiden, representert ved innsatsvarebruk i industri og tjenesteytende næringer, eksport, engros- og detaljhandel. Varestrømmene er lokalisert til bydeler i de seks største byene, mens øvrige kommuner innenriks er representert ved én sone pr kommune. I Europa er hovedregelen én sone pr

land, mens verdensdeler utenfor Europa i hovedsak er representert ved én sone pr kontinent. Våre nærmeste handelspartnere er imidlertid representert med mer enn én sone, der Sverige har mest detaljert inndeling med 13 soner.

Varestrømsmatrisene omfatter gods som transporteres mellom bedrifter. Gods som transporteres mellom detaljist og forbruker, og der kunden selv står for transporten, inngår ikke i de tonnmengder eller antall kjøretøy som legges ut i nettverket. Denne transporten skal i prinsippet inngå i persontransportmodellene.

Det er etablert varestrømsmatriser for 39 varegrupper. For hver varegruppe er det etablert en varestrømsmatrise som angir hvor mye gods som skal transporteres mellom alle soner i modellen. Dette vil si at den totale mengden gods i modellen er konstant for et gitt sett av varestrømsmatriser. Dagens varestrømsmatriser er etablert på grunnlag av en varestrømsanalyse gjennomført av SSB i 2009, samt et sammensatt statistikkgrunnlag om produksjon og forbruk av varer. Matrisene kan fremskrives til ulike prognoseår ved bruk av likevektsmodellen PINGO.

Da ulike egenskaper ved godset stiller ulike krav til transportkvalitet og framføringstid, er varestrømmene inndelt i 39 aggregerte varegrupper, som fremgår av tabell 3-1. Det viktigste prinsippet for inndeling er krav til transportkvalitet og hvor i verdikjeden varen er, og der det viktigste skillet er mellom innsats- og konsumvarer.

Tabell 3-1: Varegruppene i Nasjonal godsmodell

Nr	Beskrivelse	Nr	Beskrivelse
1	Jordbruksvarer	21	Papir
2	Frukt, grønt, blomster og planter	22	Trykksaker, programvarer og filmproduksjon
3	Levende dyr	23	Kull, torv og malm
4	Innsatsvarer termo	24	Stein, sand, grus, pukk, leire
5	Fersk fisk og sjømat	25	Mineraler
6	Fryst fisk og sjømat	26	Maskiner og verktøy
7	Termovarer, konsum	27	Elektrisk utstyr
8	Matvarer konsum	28	Byggevarer
9	Drikkevarer	29	Sement og betong
10	Dyrefôr	30	Forbruksvarer
11	Organiske råvarer	31	Høyverdivarer
12	Andre råvarer	32	Transportmidler
13	Jern og stål	33	Petroleum uraffinert
14	Andre metaller	34	Naturgass
15	Metallvarer	35	Raffinerte petroleumsprodukter
16	Kjemiske produkter	36	Bitumen
17	Plast og gummi	37	Avfall og gjenvinning
18	Tømmer og produksjon fra skogbruk	38	Bearbeidet fisk
19	Trelast og trevarer	39	Gjødsel
20	Flis og tremasse		

Arbeidet med gjeldende versjon av varestrømsmatrisene er beskrevet i (Hovi, Caspersen og Grue, 2015).

Datagrunnlaget som varestrømsmatrisene er basert på, det vil si primærnæringsstatistikk, SSBs utenrikshandelsstatistikk, transportstatistikk og SSBs varestrømsundersøkelse, er i hovedsak fra 2012 eller 2013, med unntak av varestrømsundersøkelsen, som har basisår

2008. Det er også benyttet data fra transportstatistikken som er et gjennomsnitt av årene fra 2010 til 2012 (2011 og 2012 for sjøtransport).

Det pågår for tiden utvikling av nye varestrømsmatriser basert på ny varetransportundersøkelse foretatt av SSB. Dette arbeidet forventes ferdigstilt i løpet av første halvdel av 2017.

### 3.4 Pingo

Den generelle likevektsmodellen PINGO utgjør sammen med varestrømsmatrisene etterspørselssiden i NGM. SCGE-modeller (Spatial Computable General Equilibrium) er generelle likevektsmodeller som gjennom matematiske itereringsprosesser lar seg løse numerisk. PINGO ble opprinnelig utviklet for å regionalisere de nasjonale næringsvise vekstbanene for norsk økonomi fra MSG-modellen<sup>1</sup>. PINGO beregner hvordan forventet endring i det sektorvise tilbudet og i den sektorvise etterspørselen fordeler seg på geografiske soner, og gjennom det predikeres veksten i varestrømmene basert på veksten i tilbudet i avsenderregionen og etterspørselen i mottakerregionen.

Generelle likevektsmodeller kjennetegnes ved at alle markeder henger sammen; en endring i etterspørselen eller tilbudet i ett marked vil påvirke likevekten i tilstøtende markeder også. Likevektsmodellen er formulert matematisk som et sett av ligninger og variabler. Løsningen på en generell likevektsmodell kan representeres med den vektoren av priser som gjør at alle markeder klareres, altså at tilbudet møter etterspørselen i alle markeder simultant.

Den siste versjonen av likevektsmodellen har 90 innenlandske soner og 7 utenlandske soner for eksport og import. De innenlandske sonene tilsvarer SSBs inndeling i økonomiske soner (SSB 2000). De økonomiske sonene er aggregater av kommuner. Utenlandssonene er bestemt ut fra nærhet og størrelse som handelspartner, av avgrenset som (1) Sverige, (2) resten av Skandinavia, (3) Nederland, (4) Tyskland, (5) Storbritannia, (6) resten av Europa og (7) resten av verden.

Modellens referansedatasett har 2012 som basisår og vareinndelingen er basert på samme datagrunnlag som de øvrige elementene i NGM.

PINGO er ikke implementert som en integrert del av den nasjonale godstransportmodellen, men kjøres som en separat modell programmert i Gams. PINGO kan imidlertid benyttes til feedbackanalyser ved større tiltak, for å analysere eventuelle relokaliseringseffekter. I slike analyser kjøres likevektsmodellen og logistikkmodulen iterativt hvor PINGO produserer nye varestrømmer basert på endrede godstransportkostnader, som deretter benyttes som input i logistikkmodulen.

### 3.5 Nettverksmodell

Transportnettverket i den nasjonale godsmodellen består av en nettverksfil på CUBE Voyager-format og to databasefiler som inneholder informasjon om bomstasjoner og fergesamband. Disse to filene er tilleggsfiler til selve transportnettverket, og endringer må gjøres i Cube Voyagers databaseformat. Nettverksfilen er opprinnelig bygget opp av databasefiler som inneholder node- og lenkeinformasjon. Når brukerne kjører første applikasjon i godsmodellen for å klargjøre et nytt scenario, lages det midlertidige

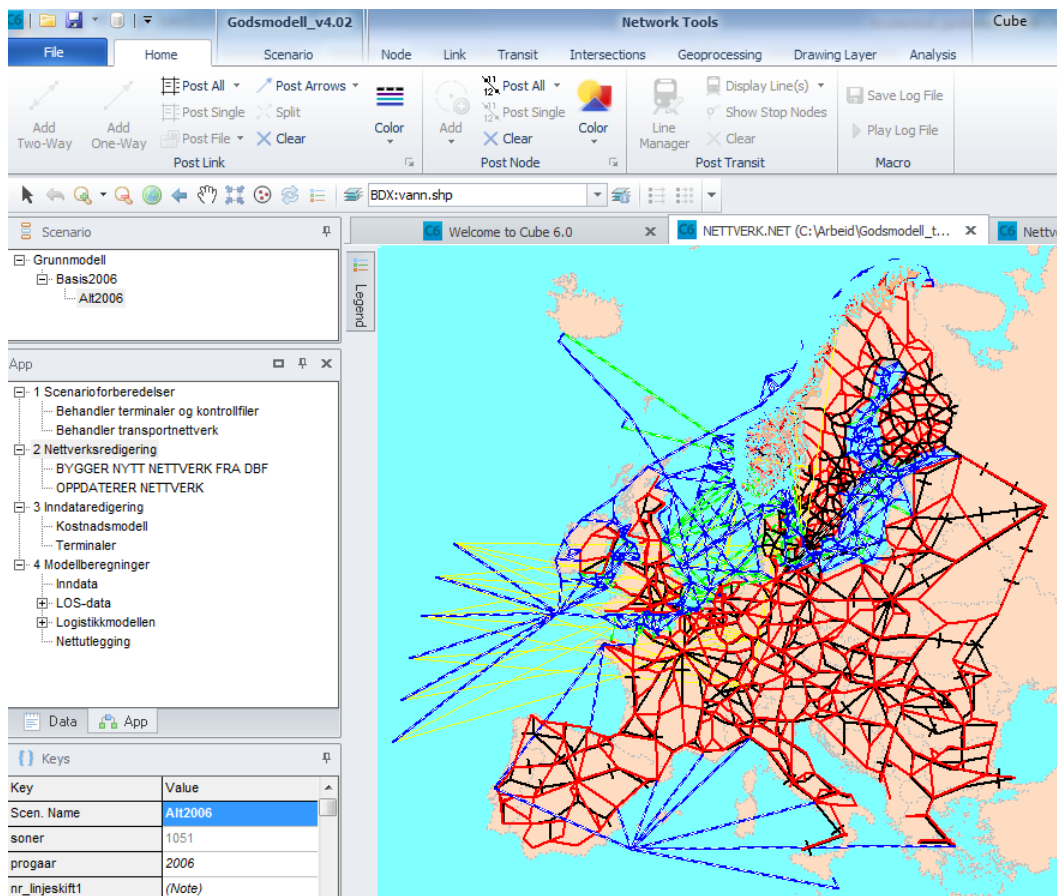
---

<sup>1</sup> A Model for Multisectoral Growth. En anvendt generell likevektsmodell for Norge utviklet av SSB og som blant annet har blitt brukt som grunnlag for Regjeringens perspektivmeldinger.

arbeidskopier av nettverksfilen og bom- og fergefilen. I tillegg lagres nettverket også som fire midlertidige databasefiler som inneholder soner, noder, sonetilknytninger og lenker.

Transportnettverket kan altså representeres på to forskjellige måter. Både som en nettverksfil som kan åpnes og redigeres i en GIS-editor, og som tabeller på et databaseformat bestående av noder og lenker. Brukerne kan dermed velge hvorvidt nettverksendringer skal implementeres i nettverksfilen direkte eller som endringer i node- og lenkefilene.

Figur 3-2 gir et skjematisk bilde av transportnettverket i modellen, samt modellens utstrekning. Av praktiske hensyn er oversjøiske destinasjoner innplassert litt vest i havet, men lenkelengder etc, som ligger til grunn for beregning av transportdistanser og transportkostnader, ligger inne med sin riktige verdi.



Figur 3-2 Transportnettverket i Nasjonal godstransportmodell

Transportnettverket består av noder og lenker mellom nodene. Soner er en spesialvariant av noder, og skiller seg fra vanlige noder ved at de enten er opphavs- og destinasjonsnoder for gods, eller eventuelt terminalnoder for omlasting av gods. Omlasting mellom transportformer i en terminal innebærer at mengde gods inn mot en terminalsoner for et gitt transportmiddel kan være forskjellig fra godsmengden ut fra sonen for det samme transportmiddelet.

For vanlige noder (vegkryss etc) er derimot summen av gods inn mot nodene alltid lik summen av gods ut fra nodene. Soner er på sett og vis fiktive påkoblingspunkter for gods i nettverket, terminaler er punkter for omlasting mellom ulike kjøretøytyper og transportformer, mens de vanlige nodene representerer reelle knutepunkter i det fysiske transportnettverket.



Den nasjonale godsmodellen består av omtrent 50 000 noder og 112 000 lenker. Dette inkluderer 1 075 soner og 2 496 sonetilknytninger.

### 3.6 Kostnadsmodellene

Formålet med godstransportmodellens kostnadsfunksjoner er å bestemme optimalt sendingskvantum for hver vare og relasjon. Kostnadsmodellen i Excel genererer tre sentrale inndatafiler til den nasjonale godsmodellen. Disse filene er på tekstformat, og heter *Vehicles*, *Transfer* og *Cargocosts*.

I modellsystemets dokumentasjon er kostnadsfunksjonene for vare  $k$  transportert fra bedrift  $m$  i produksjonssone  $r$  til bedrift  $n$  i konsumsone  $s$ , med sendingsstørrelse  $q$  ved bruk av transportkjede  $l$ , beskrevet som:

$$G_{rskmnql} = O_{kq} + T_{rskql} + D_k + Y_{rskl} + I_{kq} + K_{kq} + Z_{rskq}$$

Hvor,

$G$  = totale årlige logistikk-kostnader

$O$  = ordrekostnader

$T$  = transport-, konsoliderings- og distribusjonskostnader

$D$  = kostnader av forringelse under transport

$Y$  = kapitalkostnader for varer under transport

$I$  = lagerholdskostnader

$K$  = kapitalkostnader av varer på lager

$Z$  = kostnader av varer utgått fra lager

Kostnader av varer utgått fra lager, mankokostnader, ( $Z$ ) er (foreløpig) ikke inkludert i modellen da mankokostnaden er noe som i liten grad legges til grunn i beslutningsvalget til bedriftene.

Kostnaden ved forringelse av varer under transport ( $D$ ) inngår i beregningen av optimalt sendingskvantum for et utvalg varegrupper:

- Fukt, grønt, blomster og planter
- Innsatsvarer termo
- Fersk fisk og sjømat
- Termovarer, konsum
- Matvarer, konsum
- Trelast og trevarer
- Trykksaker, programvarer og filmproduksjoner
- Maskiner og verktøy
- Elektrisk utstyr
- Forbruksvarer
- Høyverdivarer

Denne kostnadskomponenten kan ha betydning for valgt transportløsning i modellen for varer med kort holdbarhet eller høy verdi per tonn.

I modellen velger bedriftene transportkjeder og sendingsstørrelser som minimerer de totale logistikkostnadene.

### 3.7 Logistikkmodulen

Logistikkmodulen er utviklet av det nederlandske firmaet Significance som en serie kjørbare execute-filer. Denne applikasjonen fordeler godset mellom modellens soner på ulike transportkjeder og via ulike terminaler.

Logistikkmodulen fordeler gods med fast etterspørsel. Det vil si at den totale mengden gods i modellen er konstant så lenge man benytter samme sett av basismatriser. Total tonnmengde fremkommer fra basismatrisene, som er input til Logistikkmodulen.

Logistikkmodulen beregner transportløsning for 39 aggregerte varegrupper.

Sentrale inndata til logistikkmodulen er varestrømsmatrisene (basismatrisene), filer med informasjon om transportkostnader, terminalkostnader og godsets verdi. Ved hjelp av en nettverksmodell implementert i CUBE Voyager genereres matriser med transporttid, distanse og bom-/fergekostnader mellom modellens ulike soner (såkalte LoS-data). Slike matriser etableres for alle transportmidler og et stort antall kjøretøytyper innenfor hvert transportmiddel. Disse matrisene multipliseres med enhetskostnader for transporttid og distanse, og sammen med informasjon om ulike former for terminalkostnader får man fram transportkostnadene ved alle transportløsninger (dvs kombinasjoner av kjøretøytyper) mellom par av soner. Sammen med andre logistikkostnader, som lagerhold, ordrekostnader mv, brukes de beregnede transportkostnadene til å finne optimal transportløsning for alle transportstrømmer innen og til/fra Norge.

Logistikkmodulen består av fire enkeltstående programmer som kjøres etter hverandre, de to siste av dem i flere iterasjoner. Det første programmet er firm2firm, som genererer transportstrømmer mellom bedrifter basert på bl a varestrømsmatrisen som inngår for den aktuelle varegruppen. Neste program, BuildChain, bygger transportkjeder for alle kjedetyper (kombinasjoner av transportmidler) som er definert som lovlige for den aktuelle varegruppe. I tredje program, ChainChoi, sammenlignes de mulige transportkjedene for en gitt varestrøm, og optimal transportkjede og sendingsfrekvens velges. Programmet Consolidate benyttes til å beregne riktig konsolideringsfaktor/utnyttelsesgrad for alle transportmidler på alle de transportkjeder som evalueres.

En standard kjøring av logistikkmodulen produserer matriser pr varegruppe og transportmiddel for antall tonn gods mellom alle par av soner og terminaler. I tillegg rapporteres valgt transportløsning for alle godsstrømmene i modellen. Programmet Report aggregerer resultatene slik at en får ut makrotall pr varegruppe. Det finnes også et tilleggprogram, Extract, som genererer matriser for antall kjøretøy mellom alle par av soner og terminaler. Dette programmet kjøres etter at resten av modellen er kjørt, dersom man ønsker slike matriser. Til slutt finnes et program, Constraints, som kun kjøres hvis man vil studere effekten av kapasitetsbegrensninger på jernbanestrekninger eller i jernbaneterminaler. Også dette programmet kjøres først etter at en ordinær modellkjøring av logistikkmodulen er gjennomført.

### 3.8 Bruk av Nasjonal godstransportmodell

#### To måter å kjøre modellen på

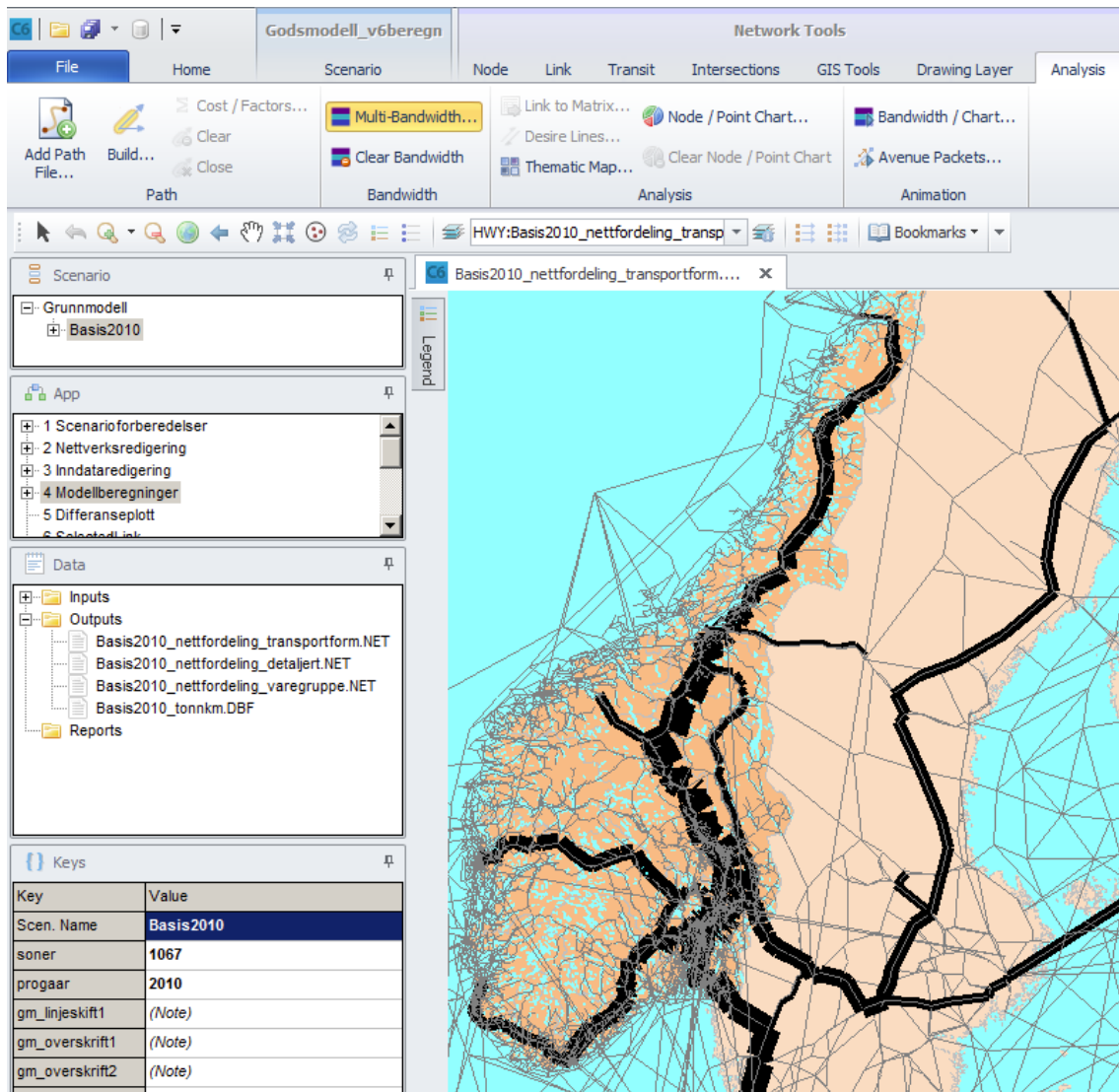
Den nasjonale godstransportmodellen er implementert i brukergrensesnittet CUBE, og tanken er at de fleste analyser gjøres ved bruk av modellen i dette grensesnittet. Det er imidlertid også mulig å kjøre modellen uten bruk av programvaren i CUBE. Dette gjelder dersom det ikke skal gjøres nettverksemdringer og en heller ikke har behov for å presentere

resultater i nettverket (f. eks. i form av transportstrømmer i vegnett, på jernbanelinjer eller i farleder).

Uten CUBE kjøres modellen i et DOS-grensesnitt. Mye kvalitetssikring foregår uten at en bruker grensesnittet i CUBE, primært fordi en da ofte ønsker å gjøre andre typer kjøringer enn det som er satt opp som standardkjøringer i grensesnittet. Detaljerte beskrivelser av hvordan modellkjøring gjøres både uten og med CUBE er gitt i Madslie, Steinsland og Grønland (2015). Her er de fleste input- og resultatfiler i modellen beskrevet i detalj, sammen med omtale av de enkelte programmer/moduler i brukergrensesnittet CUBE.

## **Brukergravesnitt i CUBE**

Modellen, slik den er etablert i brukergrensesnittet CUBE, består av seks selvstendige applikasjoner. Den første applikasjonen benyttes til å etablere et nytt beregningsscenario, mens den andre applikasjonen er et hjelpemiddel for å gjøre endringer i transportnettverket. Den tredje applikasjonen gir brukeren mulighet til å gjøre endringer i inndatafiler ved bruk av Microsoft Excel. I den fjerde applikasjonen gjennomføres selve modellberegningen, med etablering av LoS-data, kjøring av logistikkmodulen og utlegging av tonnmatriser i nettverket. Applikasjon 5 og 6 er til hjelp i forbindelse med analyser av scenariene, og etablerer hhv differanseplott og select-link analyser. Figur 3-3 viser et eksempel på godstrømmer lagt ut i transportnettverket.



Figur 3-3. Eksempel på godsstrømmer lagt ut i transportnettverket, her representert ved jernbane.

### 3.9 Bruk av modellresultater i samfunnsøkonomiske analyser

Nasjonal godstransportmodell beregner de transportmessige konsekvenser av ulike tiltak og virkemidler, i form av endret transportmiddelfordeling, belastning i nettverk og knutepunkter/terminaler, transportkostnader mv. Ofte ønsker man imidlertid også beregnet den samfunnsøkonomiske effekten av tiltaket.

Til dette formål er den såkalte GodsNytte-modellen utviklet, hvor resultater fra Nasjonal godstransportmodell tas inn i en regnearkmodell som beregner den neddiskonterte samfunnsøkonomiske nytten av tiltak som påvirker godstransporten. Kalkulasjonene tar utgangspunkt i logistikkostnader og transportarbeid fra Nasjonal godstransportmodell. Dersom kostnader og transportarbeid endres fra referansealternativet til tiltaksalternativet så vil GodsNytte beregne en endring i samfunnsøkonomisk nytte. Nyttéberegningene gjøres med utgangspunkt i anbefalinger fra Veileder i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2014) og Rundskriv R109/2014 (Finansdepartementet, 2014). Anbefalinger inkluderer metodikk, men også bruk og tallfesting av grunnleggende parametere for beregning av komponenter som ikke er inkludert i det nasjonale godstransportsystemet. Metodikken i GodsNytte samsvarer også med metodikken for nytteberegning av vegprosjekter, EFFEKT 6.6 (Straume & Bertelsen, 2015), i så stor grad som mulig.

Det er med GodsNytte-modellen lagt fokus på å utvikle en brukervennlig modell, som ikke krever inngående kjennskap til Nasjonal godstransportmodell eller til samfunnsøkonomisk analyse. Bruker må imidlertid ha tilgang til resultatfiler fra Nasjonal godstransportmodell (summary.rep-filer) og basiskunnskaper i Excel.

#### Hovedprinsipper for nytteberegning i GodsNytte

GodsNytte beregner samfunnsøkonomisk nytte i henhold til bruttometoden (omtalt bl a i Minken & Samstad, 2005). Bruttometoden innebærer at man fører kostnader og nytte for hver av de ulike sektorene i den samfunnsøkonomiske analysen, og summerer disse for å finne samfunnets nytte av tiltaket. Dette betyr at en overføring mellom to sektorer føres to ganger; som en inntekt for én sektor og som en utgift for en annen. Ved oppsummeringen vil en slik overføring falle bort.

Grovt sett deles samfunnet inn i fire sektorer i bruttometoden, som er vareeiere, operatører, det offentlige og samfunnet for øvrig. Under sektoren «samfunnet for øvrig» beregnes hovedsakelig eksterne kostnader. I GodsNytte-modellen har vi delt de fire sektorene inn i fem grupper, som er transportbruker- og transportoperatørnytte (her representert ved at en endring i logistikkostnader gir endret nytte for transportbruker), skatter og avgifter (det offentlige), eksterne kostnader (samfunnet for øvrig), skattekostnader (samfunnet for øvrig) og bom og ferge (operatører). Merverdiavgiften utelates fra nytteberegninger i GodsNytte. Dette skyldes blant annet usikkerhet knyttet til om det er provenyeffekt av et tiltak, og om denne er positiv eller negativ. For innenlands godstransport vil transportør og transportbruker overføre merverdiavgiftsbelastningen til sluttbruker, som under en gitt budsjettbetingelse vrir forbruket til eller fra andre momsbelagte varer. Usikkerhet knyttet til hvordan sluttbruker vrir forbruket skaper usikkerhet rundt provenyeffekten. For varer og tjenester der det offentlige ikke konkurrerer med privat sektor er det anbefalt at man i en samfunnsøkonomisk analyse inkluderer priser eksklusive merverdiavgift og toll. Transport til/fra utlandet er fritatt merverdiavgift. GodsNytte er utviklet med 2015 som prisår og analyseår. Både prisår og analyseår kan endres, og alle priser justeres i henhold til dette vha konsumprisindeksen og reallønnsjusteringer. Ikke-prissatte effekter må behandles separat, og kommer i tillegg til

beregningene i GodsNytte. Investeringskostnader og kostnader knyttet til drift og vedlikehold legger bruker direkte inn i GodsNytte-modellen.

## Datagrunnlag for nytteberegningen

Nasjonal godstransportmodell utgjør fundamentet for nytteberegningsverktøyet GodsNytte. Resultater fra modellkjøringer med Nasjonal godstransportmodell brukes som inndata i modellen, og gir datagrunnlaget for både nullalternativet og alternative tiltaksalternativ. Med utgangspunkt i forskjeller mellom tiltaksalternativet og nullalternativet beregner GodsNytte samfunnsøkonomisk nytte av tiltaket, gitt at tiltaket medfører endring for godstransporten. Godstransportmodellen beregner godsmengde i tonn, trafikkarbeid i antall kilometer, transportarbeid i antall tonnkilometer og transportkostnader for alle typer transportkjeder (i dagens modellversjon er det ti ulike aggregerte transportkjeder). Dette benyttes som input i GodsNytte for å beregne samfunnsøkonomisk nytte.

Nasjonal godstransportmodell kan benyttes til å beregne effekter av endringer under ulike rammebetingelser. Endringer i for eksempel avgifter, transport- og logistikkostnader eller infrastruktur kan bidra til å endre valg av transportløsning, og vil føre til endret samfunnsøkonomisk nytte når resultatfiler tas inn i GodsNytte. I forbindelse med utviklingen av GodsNytte ble transportkostnaden i resultatfilene fra godsmodellen splittet opp i flere delkostnader. Denne oppsplittingen av kostnaden gjorde det mulig å anvende bruttometoden i nytteberegningen mer nøyaktig enn tidligere.

## Bruk av GodsNytte

Resultatfilene fra beregninger med Nasjonal godstransportmodell limes direkte inn i Excel-modellen GodsNytte. Basert på endringer i transportytelser og logistikkostnader beregnes nytten av et tiltak, oppsummert i fem hovedposter:

- Transportbruker- og transportoperatørnytte (endring i transportoperatørs- og transportbrukers transportkostnader)
- Skatter og avgifter (Statens endring i avgiftsinntekter, f. eks. endring i drivstoffavgifter som følge av endret transportarbeid for lastebil)
- Bom- og fergeoperatørnytte
- Eksterne kostnader (endring i kostnader knyttet til globale og lokale utslipp, ulykker, støy, slitasje på infrastruktur, kø og driftskostnader)
- Skattekostnader

GodsNytte oppsummerer nåverdi-beregninger for tiltakene, og beregner brutto nytte av det enkelte tiltak. Det beregnes også netto nytte dersom investeringskostnader og kostnader for drift og vedlikehold er lagt inn i modellens oppsummeringsark.

## 4 Pågående utviklingsarbeid

### 4.1 Innledning

Den nasjonale godsmodellen er i stadig utvikling, og høsten 2016 er følgende prosjekter igangsatt for oppdatering og forbedring av modellen:

- Utvikling av nye varestrømsmatriser til Nasjonal godsmodell
- Revisjon av kostnadsfunksjonene til Nasjonal godsmodell
- Ny funksjonalitet
- Nye transportnettverk

I det følgende beskrives hver av deloppgavene kort.

Avslutningsvis i dette kapitlet, referer vi kort til det pågående forskningsradsprosjektet «Scale» som blant annet omhandler modellering av hvordan usikkerhet i etterspørsel og/eller transporttid påvirker avsenders transportmiddelvalg.

### 4.2 Utvikling av nye varestrømsmatriser til Nasjonal godsmodell

Statistisk sentralbyrå(SSB) har ferdigstilt en ny varetransportundersøkelse (VTU). Undersøkelsen er omfattende både i bredde på næringskategorier og mengde innsamlede data, og vil kunne forbedre informasjonstilfanget i varestrømsmatrisene betydelig. Basert på dette pågår et arbeid med å etablere nye varestrømsmatriser for nasjonal godstransportmodell.

Arbeidet består av følgende deloppgaver:

- Kvalitetssikring av VTU.
- Estimering av manglende varestrømmer fra primærnæringene.
- Massetransporter (basert på Lastebilundersøkelsen).
- Disaggregering av Havnestatistikken.
- Kvalitetssikring og korrigerings av Utenrikshandelsstatistikken.
- Disaggregering fra land til utenrikssoner.
- Vurdering av varegrupperingen.
- Vurdering av soneinndelingen..
- Implementering, kalibrering og uttesting.
- Vurdering av hvilken mernytte VTU har.

Arbeidet er planlagt slutført i første halvdel av 2017, men dette avhenger av når endelig datasett fra VTU og Utenrikshandelsstatistikken foreligger.

### 4.3 Revisjon av kostnadsfunksjonene til Nasjonal godsmodell

Kostnadsmodellene til Nasjonal godstransportmodell skal oppdateres til 2015-nivå. I den forbindelse vil det også vurderes om det skal gjøres endringer i hvilke kjøretøytyper som inngår i modellen, med utvikling av nye kostnadsfunksjoner for eventuelle nye skip- eller

lastebiltyper. I gjennomgangen av kostnadsfunksjonene vil man se på om det er nye kostnadselementer som bør legges inn, i tillegg til at det vil gjøres en gjennomgang av standardparametere som benyttes for utnyttelse av kjøretøy, sendingsstørrelser, lastvekt og andre parametere som benyttes som grunnlag for kostnadsallokering i modellen.

Det vil også bli foretatt en gjennomgang og videreutvikling av kostnadene for lager og andre vareavhengige kostnader, og foretas en ny gjennomgang av forutsetningene for modelleringen av internasjonale fergekostnader.

Ut fra et behov for forenkling vil det bli gjort en ny gjennomgang av beregningsmodellen for transferkostnader knyttet til kombinerte transportere i modellen (containertransporter). Som et ledd i arbeidet vil det også ses på muligheter for forenklet brukergrensesnitt i Excel-modellen for kostnadsberegning, med lett tilgjengelige «bruksanvisninger».

Informasjon for oppdatering av tallgrunnlaget vil innhentes fra bransjens utøvere, litteratur og relevante nettsider.

## 4.4 Ny funksjonalitet

I oppgavene som tidligere er nevnt er det flere ting som kan påvirke selve modellen og som vil kreve at det gjøres endringer. Eksempler på dette er hvis man bestemmer seg for å endre

- varegrupper
- soneinndeling
- antall og lokalisering av terminaler
- kjøretøytyper

Dersom varegruppene endres så vil det kreves en del endringer i input- og styringsfiler til modellen. Foreløpig er ikke dette noe som er avklart.

De nye varestrømsmatrisene vil relativt enkelt kunne lages på et mer detaljert sonenivå enn det man har i dagens modell (kommunebasert, men noen flere soner i de største bykommunene). Den forbedrede nøyaktigheten ved flere soner (både knyttet til riktigere modellering av transporttilbudet i etterspørselsberegningen og til resulterende lenkebelastning i transportnettverket) må veies opp mot merarbeid og vanskeligheter ved datainnhenting og økt regnetid for modellen.

Årsaken til at det kan være hensiktsmessig med flere terminaler er også å få en riktigere fordeling av trafikken på lenkenivå. F.eks. ble det for noen år tilbake etablert en ekstra havneterminal i Tønsberg for å skille oljetrafikken knyttet til Slagentangen fra resten av skipstrafikken i Tønsberg havn. Dette bedrer både trafikkstrømmene på sjøen (hvis man er opptatt av å studere (eller visualisere) disse på et detaljert geografisk nivå), og trafikkstrømmene på vei til og fra raffineriet. Tilsvarende detaljeringer av havnestrukturen skal vurderes også for andre kommuner, der ulike havneavsnitt har ulik lokalisering i sonen. Dersom man bestemmer seg for å øke antall soner eller terminaler i modellen, så vil dette kodes inn i modellens nettverk og inputfiler.

Det er allerede et stort antall kjøretøytyper i modellen, og det er tvilsomt om en økning i disse vil gi en modell som bedre modellerer konkurranseflatene mellom sjø, veg og bane. Ønsket om flere kjøretøy kommer gjerne fordi transportetatene ønsker at modellen skal vise den riktige kjøretøytypen på ulike steder, f.eks. at det er supplybåter som går mellom oljebasene og plattformene i Nordsjøen. Det kan imidlertid være behov for å supplere modellen med skip som man ser kommer i fremtiden, selv om de ikke har noe stort marked i dag, f.eks. gassdrevne skip. Ved eventuell beslutning om å legge til nye



kjøretøytyper bør det samtidig gjøres en vurdering av om noen av de eksisterende typene kan fjernes (byttes ut).

Tiltak på togstrekninger begrunnes ofte i ønsket om å kunne kjøre lengre godstog. Slik modellen virker i dag så kan tog lengden varieres, men kun for nettverket som helhet og ikke på den enkelte strekning. Dette ønsker man nå å endre, slik at man f.eks. kan kjøre lengre tog på strekningen Oslo-Trondheim enn på andre relasjoner. Dette krever noe omprogrammering av modellen, samt noen endringer i kostnadsmodellen.

Etter noen års bruk av modellen ser vi at det er betydelig rom for forenklinger i strukturen på en del inputfiler. Det er derfor satt i gang et arbeid med dette slik at antallet kontrollfiler som benyttes kan reduseres fra flere hundre til et fåtall filer (f.eks. kan 39 input-filer i BuildChain-programmet forenkles til én eller to filer).

Det vil også, i samarbeid med transportetatene, vurderes om det er behov for å programmere flere datauttak som er standard for alle modellberegninger. Dette er i så fall noe som vil gjøre det lettere for en modellbruker å få enkel tilgang på resultater uten å ha full kjennskap til alle detaljer i dagens resultatfiler. Ulempen kan være at noen henter ut og bruker resultater uten samtidig å være i stand til å gå dypere inn i beregningene for å forstå og tolke resultater som ikke umiddelbart er slik som man kanskje forventer.

## 4.5 Nye transportnettverk

I tilknytning til de regionale persontransportmodellene (RTM) er det utviklet et system for å hente inn svært detaljerte vegnettverk fra Nasjonal vegdatabank (NVDB). Planen er å hente inn oppdaterte vegnett fra NVDB med jevne mellomrom, og det er utviklet et system (TNExt) som sikrer at eventuelle manuelt kodede infrastrukturprosjekter ikke trenger å kodes på nytt dersom man henter inn nytt nett fra NVDB. I nettverket i RTM har man et stort antall attributter for hver veglenke, bl. a. vegkategori, lengde, skiltet hastighet, geometri, eventuelle bompenger mv. Basert på disse dataene har Sintef utviklet en fartsmodell som benyttes til å angi normal kjørehastighet på veglenken både for personbiler og for tyngre kjøretøy. I tillegg til fart på selve veglenkene tas det også hensyn til at man bruker ekstra tid gjennom lyskryss og andre typer kryss.

Fartsmodellen beregner normal kjøretid uten trafikkbelastning av betydning. I tillegg er det i vegnettverket knyttet opp såkalte volume-delay-funksjoner som beskriver hvordan hastigheten påvirkes av trafikkmengden. Dette er ting som er i aktiv bruk i forbindelse med persontransportmodellene, men som hittil ikke har vært brukt i godstransportarbeidet.

I nettverket i godsmodellen ligger det inne lenkehastigheter basert på en eldre fartsmodell for tunge biler. Det er under planlegging et arbeid for at også godsmodellen skal hente sitt vegnett direkte fra NVDB, slik at det blir sammenfallende med det som brukes i personmodellene (muligens litt grovere ved at en del mindre veger fjernes). Dette vil både tillate implementering av den nye fartsmodellen for tunge biler, og sørge for at ulike infrastrukturtiltak kun trenger å kodes én gang i forbindelse med tiltaksberegninger, prognoser, etc. I dag må samme prosjekt kodes inn både i personmodellene og i godsmodellen. I tillegg til at farten vil bli bedre modellert ved nye transportnett, så vil det også bli bedre muligheter for å beregne hvordan drivstofforbruk og utslipp varierer ved ulik kurvatur.

I forbindelse med at nye nettverk implementeres bør man også benytte anledningen til å klassifisere alle veglenker etter hvilket type område de går i (f.eks. tettbygd, mindre tettsted, spredtbygd), slik at man får et bedre grunnlag for beregning av lokale utslippskostnader, støykostnader mv knyttet til trafikken.

## 4.6 Forskningsrådsprosjektet «Scale»

I samarbeid med VTI i Sverige og Significance i Nederland, har TØI et pågående forskningsrådsprosjekt kalt Scale, et akronym for «Conceptual model of the shipper's choice between sea, rail and road transport».

Hovedformålet med dette prosjektet er å øke forståelsen rundt hvilke faktorer som påvirker avsendernes transportmiddelvalg, og hvordan interaksjonen mellom ulike avsenderne resulterer i en endelig transportmiddelfordeling. Dette skal belyses ved å bygge opp en generisk modell for den enkelte avsenders transportmiddelvalg. Denne transportmiddelvalgsmodellen skal inkluderes i en likevektsmodell med mange avsendere og nettverkseksternaliteter, på en slik måte at aggregerte volumer for hvert transportmiddel påvirker fraktsatsen. En endring i fraktsatsen vil igjen påvirke transportmiddelvalget til hver enkelt avsender.

Modellen vil ta hensyn til usikkerhet, både i etterspørsel og i leveringstid. En av modellens egenskaper er en detaljert fremstilling av transportkostnader. En annen egenskap er øvre og nedre grenser for størrelsen på kjøretøy/fartøy i alle ledd av transportkjeden, både for langtransport og distribusjon.

Det vil bli gjennomført casestudier med bruk av modellen. Disse casestudiene vil gi ny innsikt i hvordan transportmiddelfordelingen kan påvirkes, og de samfunnsøkonomiske effektene av å gjøre det. Modellen kan også peke fram mot en ny generasjon godsmodeller, hvor usikkerhet spiller en større rolle og hvor transporttilbudet ikke nødvendigvis er gitt.

En viktig del av analysen er å kvantifisere usikkerhet i transporttid for de ulike transportformer og usikkerhet i etterspørselen etter varer i de ulike bedrifter. Den største utfordringen er knyttet til å fremskaffe relevante data. Prosjektet har tilgang til Kystverkets anløpsdatabase basert på AIS-data og SafeSeaNet-databasen, i tillegg til anløpsdatabasen som SSB benytter i produksjonen av sin havnestatistikk. For jernbanetransport har prosjektet tilgang til Jernbaneverkets styringssystem TIOS, med innkodede verdier for planlagt og faktisk avgang og ankomst for hver enkelt godstogavgang i perioden 2012 til 2015, i tillegg til informasjon om innstilte avganger, slik at det kan dannes et grunnlag for å beregne regularitet og variabilitet i godstransport på jernbane. For vegtransport har vi fått tilgang til Statens vegvesen sine reisetidsmålinger rundt de store byene. For å kunne knytte dette til godstransport må det stadfestes hvordan tungtrafikken fordeler seg over døgnet. Når det gjelder usikkerhet i etterspørselen, sees det på muligheten til å benytte SSBs Varetransportundersøkelse til dette. I varetransportundersøkelsen er alle forsendelser til vareleverende bedrifter innrapportert på sendingsnivå. Det vil si at man har informasjon om avsendersted og mengde levert til ulike leveransesteder. Siden enheten er enkeltsendinger, vil man kunne benytte undersøkelsen til å kvantifisere variasjoner i etterspørsel over år, måned og uke.

Arbeidspakke 6 i Scale-prosjektet vil se spesielt på i hvilken grad usikkerhet i leveringstid og usikker etterspørsel kan implementeres i NGM.

## 5 Begrensninger og utviklingsmuligheter i NGM

I denne delen av rapporten vil vi se på hvilke begrensninger og utviklingsmuligheter som ligger i dagens godstransportmodellsystem.

I hovedsak behandler vi følgende temaer:

- Brukergrensesnitt
- Modellens kostnadsfunksjoner
- Varestrømmene
- Transportnettverket
- Transportmidler, kjøretøy og fartøy
- Soneinndelingen
- Resultatfilene

### 5.1 Detaljnivå og brukergrensesnitt

Nasjonal godstransportmodell er et komplekst modellsystem med til dels høyt detaljnivå både når det gjelder varegrupper, soneinndeling og kjøretøy/fartøy. Basismatrisene inneholder varestrømmer for 39 varegrupper, det er 59 ulike kjøretøy/fartøy i kostnadsmodellen og ca. 500 geografiske soner. Kompleksiteten i modellsystemet gjør datainnhenting og oppdatering krevende og øker muligheten for feilspesifiseringer.

Delmodellene i NGM er utviklet av ulike aktører og for å kunne operere hele modellsystemet, må brukeren ha relativt stor grad av ekspertkunnskap i flere ulike programvarer. Likevektsmodellen PINGO er programmert og kjøres i programvaren Gams. Dette er en kommersiell programvare som er tilgjengelig for alle som ønsker å kjøpe lisens. Kostnadsmodellen kjøres i Excel, mens logistikkmodulen enten kan kjøres i CUBE eller som et frittstående program.

Alle modeller er basert på en lang rekke mer eller mindre realistiske forutsetninger og et modellresultat er en prognose på en framtidig utvikling gitt de forutsetninger som ligger til grunn for modellanalysen. Det er viktig at brukerne av modellen er bevisst på forutsetningene, for å kunne analysere resultatene fra modellen, samtidig som forutsetningene må klargjøres for beslutningstakerne slik at disse kan treffe beslutninger på et riktig grunnlag. For å begrense brukerfeil, ligger enkelte forutsetninger i kostnadsmodellen i passordbeskyttede regneark, mens andre forutsetninger fritt kan endres av brukeren. Alle passordbeskyttede regneark er tilgjengelig i lesemodus dersom man benytter «vis skjulte regneark» funksjonen i Excel.

Modellsystemet er i kontinuerlig utvikling hvor ikke alltid modelldokumentasjonen henger med i utviklingen, spesielt gjelder dette PINGO hvor siste modellversjon ikke har en selvstendig brukerdokumentasjon, men hvor modellen er dokumentert i prosjektspesifikke rapporter. Utviklingen og oppdateringen av varestrømmene er veldokumentert, det samme gjelder Logistikkmodulen og kostnadsfunksjonene. Men selv i de veldokumenterte delene

av modellsystemet kan det være vanskelig å få fullstendig oversikt i et såpass komplekst system.

Generelle erfaringer fra bruk av NGM viser at det er behov for forenkling av brukergrensesnittet. Både for kjøring av modellene og tolking av resultatene, og mellom modellresultater og samfunnsøkonomiske beregninger. Selv om det jevnlig avholdes kurs i bruk av NGM og at brukerdokumentasjonen oppdateres ved endringer i modellverktøyet, så er det behov for mer utviklede pedagogiske verktøy for brukere, både kurs for nye- og viderekomne brukere og utfyllende beskrivende materiell. Velutviklet brukerdokumentasjon og gjentagende opplæring av nye brukere er nødvendig for å opprettholde og bygge tillit til modellsystemet. I dokumentasjonen er det viktig å tydeliggjøre hvorfor de ulike forutsetningene i modellen er satt og hvordan disse bidrar til modellresultatene. Det er også viktig å skille på modellforutsetninger og hvilke aktive valg som er mulig for brukerne av modellen.

## 5.2 Validering / sensitivitetsanalyser på parametere i logistikkmodulen

Logistikkmodulen består av fire enkeltstående programmer som kjøres etter hverandre, hvor de to siste programmene kjøres iterativt:

1. Firm2firm : genererer transportstrømmer mellom bedrifter
2. BuildChain : bygger transportkjeder som er definert lovlige for den aktuelle varegruppen
3. ChainChoi: bestemmer optimal sendingsstørrelse, transportkjede og sendingsfrekvens
4. Consolidate: beregner riktig konsolideringsgrad/utnyttelsesgrad på transportkjeden som evalueres.

Mens Firm2firm virker på bedriftsnivå, så opererer BuildChain på sonenivå. Dvs. at alle bedrift-til-bedrift varestrømmer av samme varetype mellom samme sonepar, vil ha samme sett av gyldige transportalternativer. Varestrømmene på sone-til-sone nivå i BuildChain har ingen unik sendingsstørrelse da det kan være mange ulike bedrift-til-bedrift varestrømmer som i sum utgjør sone-til-sone varestrømmen. Det benyttes derfor ulik sendingsstørrelse i de to prosedyrene. ChainChoi benytter den optimale sendingsstørrelsen per varegruppe for hver bedrift-til-bedrift varestrøm, mens BuildChain anvender en generell gjennomsnittlig sendingsstørrelse for hver varegruppe for hver sone-til-sone varestrøm.

ChainChoi benytter settet av definerte lovlige transportkjeder fra BuildChain som startpunkt i beregningen av optimal sendingsstørrelse, transportkjede og frekvens. Omlastningspunktene for hver transportkjede fra BuildChain beholdes i ChainChoirutinen og reoptimaliseres ikke.

BuildChainprosedyren ble opprinnelig utviklet med unike gjennomsnittlige sendingsstørrelser per varegruppe, gjengitt i vedlegg 2 i (De Jong, Ben-Akiva et al. 2013). Uttesting av modellen avdekket imidlertid at disse gjennomsnittlige sendingsstørrelsene i noen tilfeller ledet til urealistiske resultater. Det ble derfor besluttet å benytte samme gjennomsnittlige sendingsstørrelse for alle varegrupper. Denne ble ad-hoc satt til 500 tonn. Varetransportundersøkelsen har senere gitt verdier for sendingsstørrelser som kan benyttes i beregning av gjennomsnittsverdier. Disse verdiene bør benyttes til å beregne nye gjennomsnittlige sendingsstørrelser per varegruppe, samtidig bør det gjøres sensitivitetsanalyser på modellresultatene ved endringer i denne parameteren i BuildChain-rutinen.

I en gjennomgang av delmodellene i logistikkmodulen bør det også vurderes å innføre en statistisk fordeling av bedrift-til-bedrift varestrømmene som kan variere både sendingsstørrelse og frekvens. I dagens modellsystem, beregnes den samme sendingsstørrelsen for alle bedrift-til-bedrift sendingene av en varetype. Det antas altså at det årlige godsvolumet mellom avsender- og mottakerbedrift deles opp i like store forsendelser. Dette kan gjøres mer realistisk ved å legge en predefinert varians rundt beregnet gjennomsnittlig optimal sendingsstørrelse og frekvens. Her kan det undersøkes om det er datamuligheter i varetransportundersøkelsen til å definere den statistiske fordelingen.

### 5.3 Modellens kostnadsfunksjoner

Som beskrevet i kapittel 4, pågår det et revisjonsarbeid av modellens kostnadsfunksjoner hvor det blant annet vurderes kjøretøytyper, nye kostnadselementer og gjøres en gjennomgang av standardparametere for kostnadsallokeringen i modellen. Vi har derfor valgt å ikke gå detaljert inn i kostnadsfunksjonene i vår vurdering i denne rapporten, men heller påpeke andre begrensninger /utviklingsmuligheter i modellens kostnadsfunksjoner.

#### Retningsubalanse

Modellen inneholder en rutine for å konstruere OD-matriser for veitrafikk (kjøretøymatriser) der hvor det er retningsubalanse i vareflyten. Denne rutinen sikrer at det går like mange lastebiler inn i en sone, som det går ut av sonen. Matrisen med godsbiler mellom soner kan i nettverksmodellen legges ut etter gitte rutevalgsprinsipper, og en kan deretter sammenligne nettutlagt trafikk med ÅDT for tunge biler fra SVVs trafikktegninger. Rutinen for å etablere kjøretøymatriser finnes også for de andre transportmidlene, men der er det i mindre grad gjort sammenligninger med faktisk statistikk.

Det som imidlertid mangler i modellen, er de kostnadmessige implikasjonene av retningsubalansen. For rutegående transportmidler kan dette være et problem. I tilfeller hvor det er kapasitetsutnyttelse nok til å opprette en rute, men hvor denne har en retningsubalanse, må vareeieren dekke transportørens kostnader ved en rundtur og ikke bare kostnaden ved distansen fra avsender til mottaker. Hvis ikke dette oppfylles, vil ikke lønnsomheten i rutetilbudet opprettholdes. Kostnadsfunksjonene reflekterer ikke dette og vil da kunne gi et galt bilde av de kostnadene vareeier møter i form av faktiske fraktrater.

Samme type problem finner man gjerne for varer som krever spesialiserte fartøy/kjøretøy i leveransen. Her er det mindre sannsynlighet for at fartøyet/kjøretøyet har last også på returdelen av transporten. Tilsvarende eksemplet over, så burde da kostnaden gjenspeile hele rundturen, og ikke bare vareleveransen medstrøms.

#### Kabotasje / utenlandske aktører i det norske transportmarkedet

Modellen differensierer ikke mellom transporter med bruk av utenlandske aktører og transporter med rene nasjonale. For områder hvor det forekommer en god del kabotasje, som for eksempel kjøring av semitrailere, er dette løst ved at kostnadene for semitrailere er et vektet gjennomsnitt av norske og utenlandske biler. Data for underliggende elementer i kostnadskalkylene for utenlandske biler er blant annet hentet fra Hovi og Bai (2014). For sjøtransport er det benyttet internasjonalt kostnadsnivå på skipstyper hvor utenlandske aktører eller internasjonale flagg i stor grad er praksis.

## 5.4 Varestrømmer

Modellen har 39 varegrupper, og det forutsettes at alle varestrømmene fordeler seg jevnt utover året.

I forbindelse med ny varetransportundersøkelse og utvikling av nye varestrømmer basert på denne, vil det bli foretatt en revisjon av sammensetningen av varegruppene i modellen. Vi vil derfor ikke gå nærmere inn på dette i den foreliggende rapporten. I de påfølgende avsnittene vil vi fokusere på modellens konsolideringsmekanismer, begrensninger knyttet til forutsetningen om homogenitet innad i varegruppene og fast etterspørselsmatrise. I tillegg vil vi kort beskrive mangelen av containere som handelsvarer i modellen.

### Containere

Retningsubalanse i containertransport gjør at det handles og fraktes mye tomme containere rundt i transportnettverket, både nasjonalt og globalt. Eksempelvis er det kraftig retningsubalanse i handelen med Asia, noe som gjør at det må fraktes mye tomme containere fra Europa og tilbake til Asia, som igjen fører til at det er langt billigere å sende en container med varer fra Europa til Asia enn hva tilfellet er i den andre retningen. Selv innad i Norge er det opprettet enkelte transportruter hvor hovedfunksjonen er å forsyne produsentbedrifter med containere til sin eksportvirksomhet. I NGM behandles ikke containere som handelsvarer. Dette innebærer f.eks. at transport for reposisjonering av tomme containere ikke er hensyntatt. Mulige videreutviklinger kan være å definere containere som en egen «vareenhet» som evt. kan kombineres med varer, eller at tomcontainere blir en egen vareenhet, og at man evt. kobler denne til transporter av containerisert gods. Dette eller andre løsninger må eventuelt utredes videre.

### Konsolideringsmekanismer i modellen

Varegruppene i modellen er delt inn i tre ulike konsolideringskategorier. De tre kategoriene kan beskrives som følgende:

1. Transporten (den årlige strømmen mellom to bedrifter) konsolideres ikke med andre forsendelser – hver skipning optimaliseres for seg.
2. Forsendelsen kan konsolideres over de ulike delstrekningene, med forsendelser innenfor samme varegruppe.
3. Forsendelsen konsolideres som i kategori 2, men i tillegg til samme varegruppe, konsolideres det også med andre varegrupper i samme definerte konsolideringsgruppe, hvor det er definert 3 slike grupper.

Hvilke konsolideringsforutsetninger som gjelder den enkelte varegruppe er vist i følgende oversikt:

Konsolideringstype	Varegruppe
1. Ingen konsolidering	16, 23, 24, 25, 32, 33, 34, 36, 37, 39
2. Konsolidering innenfor varegruppen	1, 3, 5, 10, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 27, 29, 31, 35
3. Konsolidering med andre varegrupper innenfor definerte grupper av varer	<p><b>Konsolideringsgruppe 1:</b> Frukt, grønt, blomster og planter (2), innsatsvarer termo (4), fryst fisk og sjømat (6), termovarer konsum (7)</p> <p><b>Konsolideringsgruppe 2:</b> Tømmer og produkter fra skogbruk (18), trelast og trevarer (19)</p> <p><b>Konsolideringsgruppe 3:</b> matvarer konsum (8), drikkevarer (9), organiske råvarer (11), andre råvarer (12), plast og gummi (17), maskiner og verktøy (26), byggevarer (28), forbruksvarer (30), bearbeidet fisk (38)</p>

For en vare som kan konsolideres vil man for den konsoliderte mengden velge det minste fartøy eller kjøretøy som har stor nok kapasitet til å transportere denne mengden, og fartøy-/kjøretøyvalget blir derfor felles for alle transporter på denne strekningen. Det er definert en minste konsolideringsfaktor for hvert transportmiddel og dersom beregnet konsolideringsfaktor er mindre enn terskelverdien for konsolidering, settes den til denne minste faktoren samtidig som sendingen ansees som ukonsolidert. Konsekvensen av dette er at ChainChoi-rutinen da vurderer mer enn én kjøretøytype innenfor et gitt transportmiddel, mens en ellers kun evaluerer det minste kjøretøyet som er stort nok til beregnet konsolidert mengde. Konsolideringsprogrammet (*consolidate.exe*) beregner konsolideringsfaktoren/utnyttelsesgraden for alle transportmidler på alle transportkjeder som evalueres.

Konsolidering er en av de største utfordringene ved nasjonale godsmodeller. Den svenske Samgods-modellen og det norske modellsystemet har svært mange likheter, men når det kommer til behandling av konsolidering, så avviker modellene fra hverandre. Til forskjell fra det norske modellsystemet, så tillater ikke det svenske konsolidering av ulike varegrupper i samme kjøretøy.

I utviklingsarbeidet med NGM er det arbeidet mye med programmering av realistiske konsolideringsrutiner. Innledningsvis i utviklingsarbeidet ble det testet en rekke konsolideringsbetingelser. Det mangler imidlertid en systematisk gjennomgang og sammenligning av ulike valgmuligheter for konsolidering, for eksempel sammenligning med rutinene for konsolidering i det svenske modellsystemet og andre rutiner fra internasjonal faglitteratur.

## Homogene varer

En underliggende forutsetning for beregningen av optimal sendingsstørrelse er at det handles med relativt homogene varer innen hver varegruppe, og at varene fraktes i en jevn strøm over året. Det forutsettes altså homogenitet innenfor hver av de 39 varegruppene,

der vareinndelingen i hovedsak er basert på at ulike varer har ulik krav til transportkvalitet (f.eks. har fersk fisk helt andre krav til transportkvalitet enn transport av stein, grus, jord og sand). For de aller fleste varer er dette en fullt ut brukbar tilnærming da mesteparten av det som inngår som innsatsvarer eller daglig konsum er av denne typen og tilfredsstillende homogenitetsantakelsen.

Imidlertid kan homogenitetstilnærmingen være problematisk for noen investeringsvarer. Dvs. varer som for eksempel produseres på bestilling og som i sin helhet skal leveres til avtalt tid. I slike tilfeller er ikke varestrømmene delbare og modellens beregning av optimal sendingsstørrelse blir irrelevant.

Mye av den samme problematikken finner man for bygge- og anleggsvarer som i en begrenset tidsperiode fraktes i store volumer på enkelte relasjoner, og for varer som skal leveres «just in time» hvor transporttid og leveransestørrelse er av mindre betydning. Det er ikke opplagt hvordan dette skal løses for varene som ikke passer inn i forutsetningen om homogenitet innad i varegruppen. Detaljeringsgraden og kompleksiteten i modellen vil trolig økes betraktelig om man tar hensyn til slike forhold. Dette er varer med til dels svært ulike krav til så vel produksjon, leveringstidspunkt og transport. Investeringsvarer av denne typen står trolig for en svært begrenset del av de totale varestrømmene. For disse varetypene er det kanskje viktigere å være klar over begrensningen i modellen enn å løse problemet innenfor dagens modellsystem.

## Fast etterspørsel

Logistikkmodulen fordeler gods mellom modellens soner på ulike transportkjeder og via ulike terminaler med utgangspunkt i fast etterspørsel. Det vil si at den totale mengden gods i modellen er konstant så lenge man benytter samme sett av varestrømsmatriser. I modellen er transportbehovet eksogent gitt mellom bedrifter og soner. Hvilket transportmiddel- og rutevalg som brukes, er imidlertid ikke gitt. Dette beregnes av modellen.

Det forutsettes implisitt at Perspektivanalysens forventninger om næringsvis utvikling (fra Finansdepartementets MSG-beregninger) kan legges til grunn for fremtidig utvikling i godsstrømmene. Dette har vært kritisert av enkelte, spesielt mener de at bedriftenes totale virksomhet i virkeligheten er avhengig av transportkostnadene og skulle endres mer enn det som følger av Perspektivanalysens forventninger, og at lokalisering også påvirkes. Dette er nok teoretisk riktig, antagelig er imidlertid de relativt små forskjellene i transportkostnader mellom ulike alternativer i mange tilfeller ikke av en slik størrelsesorden at de i vesentlig grad påvirker bedriftenes varestrømmer. Omlokalisering kan i enkelte tilfeller skje. I modellen så kan dette testes ut ved å forskyve transportstrømmer og se om det gir positive kostnadseffekter, men det skjer ikke automatisk. Til slike analyser har TØI utviklet likevektsmodellen Pingo. Denne er egnet til å analysere hvordan store kostnadsendringer påvirker omfanget av og lokaliseringen av varestrømmene. Det er nylig etablert en ny versjon av Pingo der soneinndelingen er endret fra fylkesnivå til SSBs inndeling i økonomiske soner (ca 90). PINGO er utviklet slik at modellen både kan kjøres med antakelse om fullkommen konkurranse i alle markeder og med antakelse om monopolistisk konkurranse i alle/utvalgte markeder. Muligheten til å velge forutsetning om markedsstruktur muliggjør også analyser av wider economic impacts (mernytte) av infrastrukturinvesteringer.

Det er ikke mulig å utvikle et modellverktøy som fullt ut klarer å håndtere endringer i bedrifters lokaliseringsmønster over tid. Denne begrensningen må brukerne av modellverktøyet ta inn over seg og være klar over når modellresultatene presenteres. Iterative analyser gjort med Pingo og Logistikkmodulen kan gi innsikt i hvordan endrede varestrømmer påvirker terminalstrukturen og logistikkostnadene i transportsystemet, og



dersom dette benyttes som ny input i Pingo kan det også til dels analyseres hvordan produksjonsstrukturen påvirkes av ny terminalstruktur og nye logistikkostnader. Derimot er det ikke mulig for modellverktøyet å predikere hvorvidt det oppstår ny produksjon på lokaliteter hvor det ikke er produksjon av denne varetypen i utgangspunktet, heller ikke hvordan bedriftseiere velger å omstrukturere driften i færre eller flere produksjonsenheter. For slike analyser må det gjøres manuelle korrigeringer i inngangsdataene til modellene. Her ligger muligens utviklingsmuligheten i hvordan det kan utvikles automatiserte rutiner for denne type analyser. Per i dag behøves det ekspertkunnskap i modelloppsettet for å gjøre denne typen av manuelle endringer. Det er derimot mulig å tenke seg et automatisert oppsett hvor brukerne selv kan stille på graden av for eksempel sentralisering av produksjon.

## 5.5 Transportnettverket

### Kapasitetsrestriksjoner

I dagens modell er kapasitetsbegrensninger lagt til hvor mye last et kjøretøy (fartøy) kan ta med seg, samt kapasitetsrestriksjoner i jernbanenett og jernbaneterminaler. I vegnett og havner er det pr i dag ingen kapasitetsrestriksjoner. I vegnettet vil godskjøretøyene bidra til kø, men det er personbilene som utgjør brorparten av trafikken. Å behandle kapasitetsrestriksjoner i vegnettet isolert i godsmodellen, vil derfor ha lite for seg. De overnevnte volume-delay-funksjonene vil imidlertid kunne fange opp at antall kjøretøy bidrar til å redusere hastigheten, men de vil ha mindre verdi uten at en også kjenner antall personbiler på ulike strekninger.

For havner er det heller ikke lagt inn kapasitetsrestriksjoner. Dette skyldes blant annet at kapasitetsmangel i havnene ikke har vært noen problemstilling i tidligere anvendelser, men man kan eventuelt løse dette relativt parallelt med det som er gjort på jernbanesiden.

Mangel på visse kapasitetsrestriksjoner gjør at modellen er lite egnet til å analysere effekten av en utbygging dersom terminalen eller vegstrekningen i utgangspunktet er nær sin kapasitetsgrense, uten at man eventuelt etablerer tilsvarende løsninger som for jernbane.

### Vegnett

I mange sammenhenger er det ønskelig med et transportnettverk i NGM som samsvarer med transportnettverket i persontransportmodellene, slik at godsbiler og personbiler kan legges inn i samme vegnett. Det er da enklere å vurdere f.eks. forsinkelser som følge av mye personbiltrafikk. Dette vil også effektivisere innkodingen av ny infrastruktur i nettverksmodellene.

### Terminaler

Modellen mangler en eksplisitt modellering av samspillet mellom jernbane- og samlastterminaler, men forutsetter i dag at konsolideringen finner sted i havne- og jernbaneterminalene. For å skille på hvilket gods som benytter samlastterminaler og hvilket gods som ikke benytter disse, kan det utnyttes informasjon om sendingsstørrelse fra varetransportundersøkelsen.

## Havner og havnestruktur

En avdekket svakhet med modellen er at det er færre havneterminaler i nettverket enn hva som er ønskelig. På kort sikt kan dette bøtes på ved en gjennomgang og utvidelse av havnestrukturen i modellen, med sikte på å åpne ulike havneavsnitt for spesifikke varegrupper. Det bør også vurderes en grundigere gjennomgang hvor det vurderes å innføre flere parametere knyttet til hver havn, for eksempel maks skipslengde og bredde. Maksimal dybde for ulike skips kategorier ligger allerede inne i beskrivelsen av den enkelte havn.

## 5.6 Transportmidler, kjøretøy og fartøy

### Antall tilgjengelige kjøretøy og fartøy i modellen

Antall tilgjengelige transportmidler i modellen er utvidet flere ganger i forhold til den første modellversjonen. Dagens modellversjon opererer med 11 ulike transportmidler:

1. Lett lastebil
2. Tung lastebil
3. Konsolidert tung lastebil (benyttes for tung bil mellom veiterminaler)
4. Modulvogntog
5. Containerskip
6. Andre skip
7. Vognlasttog og biltog
8. Andre elektriske tog (kombitog, tømmerog, sytemtog)
9. Andre dieseltog (kombitog, tømmerog, systemtog)
10. Utenlandsferge
11. Fly

Innenfor hvert transportmiddel er det tilordnet et antall kjøretøy og fartøytyper. Totalt inneholder modellen 59 ulike fartøy/kjøretøy. Det er to årsaker til at det er så vidt mange kjøretøy. Det ene er rent transportteknisk – bulktransporter må ha en bulkenhet, tømmertransporter en tømmerenhet osv. Den andre årsaken er at vi har stor grad av skalaøkonomi, spesielt innenfor sjøtransport. Dette må reflekteres i beregningene og det er derfor for flere av skipstypene et utvalg av størrelser, hvor valg av enhet blant annet påvirkes at mengde, konsolidering mv.

Hvorvidt dette store antallet fartøy/kjøretøy er en overspesifisering av modellen, kan diskuteres. Imidlertid så vil den spredning som skyldes transporttekniske og dermed kostnadmessige forhold i liten grad kunne begrenses (stort sett veldig begrenset spredning på teknologier innenfor samme transportmiddel). Det som gjenstår blir da den ytterligere spredningen som skyldes skalaøkonomi på skip. Det kan være problematisk å få modellen til å produsere en fordeling av varestrømmene mellom ulike fartøy/kjøretøy som på detaljnivå ligner faktiske valg på enkeltstrekninger. Men på den andre side, så er valgmulighetene langt mer begrenset for de ulike varegruppene og spesifiseringen av fartøy/kjøretøy i modellen kan øke den opplevde realismen i resultatene. For å validere modellens evne til å produsere realistiske resultater for ulike fartøy/kjøretøy og varegrupper, behøves det faktiske data (statistikk) for vareflyt per fartøygruppe.

## Eget mode for supplyfartøy?

I dagens modell, er supplyskip som opererer til/fra installasjoner i Nordsjøen e.l. modellert som en kjøretøytype med egne kostnader. Kostnaden ved bruk av disse fartøyene er imidlertid så høy at de ikke blir benyttet til transport til/fra installasjoner de i virkeligheten betjener. Denne varetransporten allokterer modellen til øvrige fartøy hvor kostnaden er lavere enn for supplyfartøyene. Ved å definere supplyfartøy som et eget transportmiddel/mode (det er i dag en kjøretøytype innenfor den mer generelle transportmiddelkategorien «andre skip»), med tilhørende LoS-matriser, kan det legges restriksjoner på øvrige sjøgående transportmidler slik at disse ikke kan betjene installasjonene i Nordsjøen.

## Elektriske distribusjonsfartøy og andre fremdriftsteknologier

Per i dag er det ingen alternative fremdriftsteknologier til fossilt brennstoff for veg- og sjøtransport i NGM, mens både dieseltog- og elektriske tog er en del av modellen. I praksis går i dag størsteparten av godstransporten ved bruk av lastbærere med konvensjonelt fossilt drivstoff, men det kan forventes en samfunnsutvikling hvor mer av godstransporten vil benytte andre fremdriftsteknologier, som elektrisitet, biogass, naturgass (etanol), hydrogen, hybrid, og dual-fuel. Dette er fremdriftsteknologier som vil kreve spesialtilpassede kjøretøy. Hvordan slike alternative fremdriftsteknologier inkluderes i NGM, avhenger av hvorvidt det er tiltenkt restriksjoner på hvor slike fartøy kan ferdes. Uten restriksjoner, kan alternative fremdriftsteknologier innføres som kjøretøytyper med egne kostnader. Dersom det skal være begrensninger på utstrekningen, må derimot kjøretøyene ha egne LoS-matriser og da være et eget mode i modellen.

Ved å innføre alternative fremdriftsteknologier i NGM, muliggjøres analyser av scenarioer hvor det eksempelvis pålegges restriksjoner på godsdistribusjonen i bykjerner. Et tenkt scenario vil da være at det ikke er mulig med varedistribusjon til/fra bykjerner utført med konvensjonelt fossilt drivstoff. Hvis man har en modell som også tar hensyn til tidsfordelte varestrømmer, kan man i tillegg analysere restriksjoner på fremdriftsteknologier i ulike tidspunkter over for eksempel døgnet.

## 5.7 Soneinndeling

Det er økt etterspørsel etter analyser for byområder. Dagens soneinndeling har en for grov sonestruktur til at den er egnet til slike analyser. Den nye varetransportundersøkelsen har medført at informasjonstilfanget er økt kraftig og med det aktualisert utvikling av mer detaljerte modeller for byområdene. En kraftig økning i antall soner innenfor dagens modell vil ha sine utfordringer i økt kompleksitet og økte kjøretider, etc., og er derfor ikke å anbefale. Man bør imidlertid vurdere å starte utviklingen av en bymodell for Osloregionen som er konsistent med dagens godsmodell.

## 5.8 Resultatfiler

### Chainchoice

Nytt datagrunnlag og/eller økt detaljering av soneinndelingen i modellen vil gjøre resultatfilene for store for Excel. For å ikke øke brukerterskelen for bruk av modellen bør

man vurderer å predefinere et nytt sett med resultatfiler som genereres automatisk. Dette gjelder for eksempel tonn lastet og losset i ulike terminaler, etter varegruppe.

## **Summary-filen**

Denne filen er nyttig i svært mange sammenhenger, både til ulike oppsummeringer av resultatene og som input i samfunnsøkonomiske beregninger. Vi har nylig funnet ut at siste versjon av denne filen har hatt en svakhet i hvordan antall tonn i import og eksport er vist, og dette er i skrivende stund i ferd med å rettes opp. Det er ikke noe galt i modellens beregninger, kun i hvordan ulike «legs» av import- og eksportstrømmer er kategorisert ved overføring fra Chainchoi-filen til Summary-filen.

## 6 Langsiktige utviklingsmuligheter

### 6.1 Innledning

I dette kapitlet diskuteres utviklingsmuligheter i et lengre perspektiv. Oppgavene som omtales her er av et omfang som vil kreve en større omlegging av modellsystemet.

### 6.2 Integreerte areal og transportmodeller

Land-Use/Transport Interaction (LUTI) –modeller er en modellklasse som søker å estimere den langsiktige byutviklingen gjennom samspillet mellom tre hovedfaktorer: Transporttjenester, befolkningsvekst og arealutvikling, gitt visse eksogene faktorer som for eksempel inntektsutvikling. LUTI-modeller er et verktøy for helhetlige analyser av samspillet mellom transportetterspørsel og arealbruk. En LUTI-modell består tradisjonelt av en transportkomponent og en arealbrukskomponent. Disse to separate modellkomponentene er linket sammen for å fange samspillet mellom arealutvikling og transportetterspørsel.

I konvensjonelle transportmodeller inngår arealbruken som eksogen forklaringsvariabel for å predikere transportarbeidet. Dette blir gjort ved å inkludere plasseringen til forskjellige aktiviteter (hjem, arbeid, butikker, osv.), og generere eller fordele turer ut fra plasseringen til og avstanden mellom disse aktivitetene. Det som skiller en LUTI-modell fra en tradisjonell transportmodell er at selve plasseringen til forskjellige aktiviteter (arealbruken) blir gjort endogen, ved å bli påvirket av transportsystemet. Dermed vil modellen ikke bare predikere transportsystemet, men også arealbrukssystemet.

Det har ikke blitt gjort mange forsøk på å utvikle atferdsmessig realistiske etterspørselsmodeller etter godstransport som kan bli integrert inn i et LUTI-rammeverk. Sivakumar (2007) nevner tre hovedårsaker til dette: (1) mangel på forståelse når det kommer til viktigheten av godstransport; (2) mangel på relevante datakilder til å støtte opp om en atferdsmessig forståelse og modellering av godstransporten; og (3) den iboende kompleksiteten når det gjelder godsbevegelser inn til, ut av og innenfor et urbant område.

For direkte bruk av NGM i en LUTI-modell, er det to hovedproblemer:

- Verken inngangs- eller utgangsdata til/fra NGM har verdi (kr) som enhet. Dette er ikke et problem i seg selv, men et problem når det kommer til kompatibilitet med bedriftsøkonomiske data (som er nødvendig for en kobling mellom transportmodulen og arealbruksmodulen). Det er utarbeidet grove konverteringsnøkler fra tonn til verdi for hver varegruppe, men hvor mye informasjon som vil gå tapt ved bruk av disse er usikkert.
- NGM er en nasjonal modell som hovedsakelig er utviklet for å si noe om makrostørrelser. Modellen er sonebasert, men soneinndelingen er ikke ansett som finmasket nok til å si analysere små, korte strømmer innad i byområder.

Det er mulig å lage et modellverktøy tilsvarende NGM med en finere soneinndeling. Hovedgrunnen til at dette ikke er gjort allerede er:

- 1) at modellen, som gir en oversikt over alle vareleveringer i Norge, er tungkjørt nok allerede (mer finmaskede modeller burde derfor kun kjøres for mindre geografiske områder)
- 2) at det ikke hittil har vært et stort nok behov for en så disaggregert modell
- 3) at jo mer disaggregert resultatene blir, jo større vil også usikkerheten rundt hvert enkelt tall være.

Det kan også nevnes at varestrømsmatrisene i NGM er tilrettelagt for en mer detaljert soneinndeling, hvor for eksempel Oslo er delt inn i 60 soner (de samme sonene som for Nasjonal persontransportmodell, NTM6). Denne soneinndelingen er imidlertid verken implementert i nettverksmodellen eller validert enda.

### 6.3 Stokastisk modellering

Da utviklingsarbeidet med NGM startet tidlig på 2000-tallet, var den opprinnelige planen å estimere en transportvalgmodell basert på data fra den svenske varestrømsundersøkelsen og et utvalg norske samlastere (se de Jong og Ben-Akiva, 2007, seksjon 8). Dagens deterministiske modellrammeverk ble opprinnelig utviklet som et prototype hvor sendingsstørrelse og transportkjeder som minimerer den totale logistikkostnaden velges.

Logistikkmodulen har et deterministisk modellrammeverk som minimerer de totale logistikkostnadene for hver bedrift-til-bedrift varestrøm. Generelt sett har en deterministisk modell et svakere empirisk grunnlag enn hva tilfellet er med stokastiske modellverktøy. Logistikkmodulen er kalibrert til å passe med transportmiddelfordeling i tonn og tonnkilometer på nasjonalt nivå for hvert transportmiddel, godsmengde lastet og losset i jernbane- og havneterminaler, og vegtrafikktegninger i vegnettet. Adferden til agentene i modellen er ikke estimert på faktisk observerte data. I mangel av observerte transportpriser, antas det at logistikkostnadene kan beregnes ved en «bottom-up» tilnærming hvor kostnadskoeffisienter og nettverksinformasjon utnyttes til å beregne logistikkostnader for bedrift-til-bedrift varestrømmer. Det er potensielt problematisk at det i et slikt deterministisk rammeverk ikke er mulig å ta hensyn til at man ikke har full informasjon om alle kostnadselementene som transportbrukerne avveier i sin transportbeslutning.

Det deterministiske modellsystemet inkluderer kun kostnadselementer som forklaringsvariabler og kan i enkelte tilfeller beregne for store endringer av et gitt tiltak. For en gitt sonerelasjon og varetype, opererer modellen med diskrete transportkjeder. Dette innebærer at enkelte eksogene endringer i transportkostnader eller tid kan gi store utslag for fordelingen mellom transportkjeder dersom flere kjeder er tilnærmet likeverdige i utgangssituasjonen. Ved andre utgangssituasjoner kan man få minimale effekter i modellen da kostnadsforskjellene i referansescenarioet allerede er for store mellom de alternative transportkjedene. Potensielt kan et slikt «alt eller ingenting» oppsett gi store utslag for enkelte varer, men da de fleste bedrift-til-bedrift varestrømmene er små og mange, vil trolig ikke den aggregerte effekten være av særlig betydning. Dersom det er ulike sendingsstørrelser for en vare på en bestemt relasjon, kan også ulike transportmidler velges på relasjonen.

Nyere studier viser at forutsetningen om at sendingsstørrelse velges for å minimere logistikkostnaden, gitt valgt transportkjede, ikke alltid er gyldig for godstransportmodeller. Det er ofte et gjensidig avhengighetsforhold mellom valg av transportkjede og valg av sendingsstørrelse. Johnson and de Jong (2011) peker på at valg av transportmiddel og sendingsstørrelse er nært sammenkoblede avgjørelser, hvor store sendingsstørrelser generelt sammenfaller med høy markedsandel for andre transportformer enn vegtransport.

Liknende resultater finnes blant annet i (Windisch, De Jong et al. 2010, Abate, Vierth et al. 2014, Abate, Vierth et al. 2016), som benytter den svenske varestrømsundersøkelsen til å estimere gjensidig avhengige modeller for sendingsstørrelse og transportkjedevalg.

Det neste steget i den trinnvise utviklingen av NGM, bør kanskje være å bevege seg bort i fra dagens deterministiske modell og over i retning av stokastiske elementer i modelloppsettet. I prinsippet kan sendingsstørrelse og valg av transportkjede estimeres ved bruk av random utility diskrete valgmodeller. Slike modeller bør estimeres på sendingsnivå, men dessverre er det ikke tilgjengelige data for sendinger fordelt på transportform for nasjonale transportør. Slik disaggregert estimering av transportkjeder og sendingsstørrelse er forsøksvis gjort av TØI og Significance (Caspersen, Johansen et al. 2016), basert på data fra den svenske varestrømsundersøkelsen. Dessverre dekker disse dataene kun eksport og import mellom Sverige og Norge, og det var bare for noen få varegrupper at man hadde et tilstrekkelig datagrunnlag for estimering. Det viste seg også at informasjon om transportkjede i datagrunnlaget i mange tilfeller var direkte misvisende. I utviklingen av en modell som kan estimere transportkjeder og sendingsstørrelser, er det imidlertid nå mulig å benytte Utenrikshandelsstatistikken, da denne er tilrettelagt på sendingsnivå og med informasjon om transportmiddel ved grensepassering. Disse dataene har den fordel at de er konsistente på tvers av varemengde og -verdi, varegruppe og transportmiddel ved grensepassering.

En annen løsning er å, i tillegg til «first-best» løsningen, beregne en «second-best» løsning. Eller eventuelt å benytte en fordeling (for eksempel normalfordelt med predefinert varians) for de totale logistikk-kostnadene, for på den måten å få variasjon rundt verdiene. Begge disse mulighetene testes for øyeblikket ut for det svenske godsmodellsystemet.

Som i de fleste lignende modellsystemer, er det lineære kostnadsfunksjoner i NGM. Innenfor persontransportmodeller er det flere applikasjoner som benytter ikke-lineære sammenhenger for å forklare adferdsresponsen ved kostnadsendringer. Innen modellering av godstransport er ikke-lineær (for eksempel logaritmisk, splines, lineær og logaritmisk) adferdsrespons i mindre grad utforsket, men et eksempel på slik anvendelse finnes i (Fjendbo Jensen, Thorhaug et al. 2016). En slik spesifisering av funksjonene kan medføre vesentlig endring i modellens respons på kostnadsendringer, spesielt på lengre distanser. For å kunne teste ulike modellspesifikasjoner, må funksjonene estimeres på observerte data på sendingsnivå.

## 6.4 Usikkerhet i etterspørsel og transporttid

Bedriftens logistikkostnader vil, i tillegg til transportkostnader, ordrekostnader, lagerholdskostnader, og tids- og degraderingskostnader for varen under transport, som alt er inkludert i godsmodellen, også inkludere mankokostnader, altså kostnaden ved å gå tom på lager. I tillegg vil det at både etterspørselen etter transport og transporttiden er variabel, føre til at transportøren må ha en større kjøretøypark tilgjengelig enn dersom transporttiden var fullt ut forutsigbar. Videre vil bruk av tidsvinduer for henting og levering på terminal eller en bedrift, kunne føre til at transportørens kostnader øker betraktelig dersom forsinkelser underveis gjør at kjøretøyet ikke når fram til den tildelte slottiden og derfor må vente til det er ledig kapasitet. Tilsvarende for jernbane, der forsinkelser underveis vil kunne føre til at lastebiler blir stående i jernbaneterminalen og vente, eventuelt at samlasteterminalene får containere fra flere tog samtidig og dermed ikke har kapasitet til å sortere godset når det ankommer.

Dersom det ikke finnes usikkerhet verken i etterspørselen etter et produkt eller i transporttiden, er den eneste gevinsten ved kortere transporttid at godset raskere blir

tilgjengelig for videre bruk. For noen typer varer, for eksempel fersk fisk, enkelte jordbruksprodukter og aviser, synker også verdien av varen hvis transporten tar for lang tid. Denne tilnærmingen til verdien av spart transporttid, som bygger på at godset har en alternativ anvendelse når det blir transportert, kalles *kapitalverditilnærmingen*. Den gir for de fleste varegrupper svært moderate enhetsverdier.

Som forklart av blant andre Minken og Samstad (2006), fører usikkerhet i etterspørselen og/eller transporttiden til at bedriften enten må ha ekstra varer på lager eller risikere å gå tom for varer. Raskere transport motvirker dette, fordi en da fortære kan få tilført nye varer. Verdien av spart transporttid for gods kan altså deles i to deler: (1) Godsets alternative anvendelse og (2) logistikkostnader.

Logistikkostnadene er også grunnlaget for å knytte en egen verdi til pålitelighet. Ved usikker transporttid øker risikoen for å gå tom for varer, og bedriften må derfor øke sikkerhetslageret. Lav forutsigbarhet kan også påvirke andre kostnader i bedriftens interne logistikk.

Bedriftene tilpasser altså varelagrene sine til usikkerheten i leveringstidspunktet. De som organiserer transporten – enten det er vareeier selv eller en transportbedrift – tilpasser videre denne til usikkerheten i transportsystemet. Det betyr for eksempel at det er slakk i kjøreplanen, eller romslige tidsvinduer ved omlasting. Til sammen fører dette til høyere kostnader for transporten fordi uforutsigbarheten gjør at transportøren må ha flere transportmidler og sjåfører enn dersom transporttiden var fullt ut forutsigbar. Disse tilpasningene representerer en potensiell tidsgevinst hvis usikkerheten blir redusert. Det betyr samtidig at det ikke er et én-til-én-forhold mellom usikkerhet i transportsystemet og usikkerhet i leveringstidspunkt.

For persontransport pågår det en diskusjon om hvilket mål på pålitelighet som er det mest teoretisk korrekte, og heller ikke her er det noen entydige svar (Fosgerau and Karlström 2010, Börjesson and Eliasson 2011, Fosgerau and Engelson 2011). Forskningen viser at dette avhenger av hvilke antakelser som blir gjort. For godstransport eksisterer det i mindre grad et etablert teoretisk rammeverk, og spriket i mulige antakelser vil derfor trolig være enda større.

Verdsettingen av en tidsbesparelse i godsmodellen er summen av følgende komponenter (her vist for veitransport):

- Tidsavhengige transportkostnader (transportmiddel, sjåfør, mv.)
- Tidskostnader for gods under transport
- Degraderingskostnader for gods under transport
- Endringer i lagerholdskostnader og ordrekostnader dersom endret transporttid påvirker optimal sendingsstørrelse og/eller frekvens

Transportmodellens styrke er at den representerer alt gods og fordelingen mht varegruppe, og at denne sammensetningen varierer avhengig av studieområde. Videre beregner modellen endringer i transportmiddelfordeling som følge av samferdselsinvesteringer. Svakheten med dagens modell er at den ikke inkluderer variabilitet i transporttiden og dermed ikke kan benyttes til å analysere fremkommelighetstiltak.

Lagerholdskostnadene i godsmodellen er avhengig av transportfrekvensen fordi denne er beregnet som (lagerholdskostnad per enhet og tidsenhet) $\cdot(Q\sqrt{2})$  hvor Q er partistørrelsen (skipningsstørrelsen). Selve elementene i lagerholdskostnaden per enhet er ikke en funksjon av frekvens. Kapitalkostnadselementet er beregnet som rente multiplisert med produktverdi. Fysiske lagerholdskostnader er basert på lagerleie for ulike typer lager (lukket, åpent, tank osv.), forutsetninger om lagringstetthet for ulike varetper og tillegg for driftskostnader av lager.



TØI holder for tiden på med forskningsrådsprosjektet SCALE. Målet i SCALE-prosjektet er å tilpasse de teoretiske konseptene rundt verdsetting av tidsbruk og pålitelighet fra Minken og Samstad (2006) til faktiske data, for dermed å kunne si noe kvantitativt om de totale logistikkostnadene, og dermed de samfunnsøkonomiske effektene av ulike tiltak som påvirker tidsbruk og pålitelighet for godstransport. Den største utfordringen ved denne metoden er knyttet til databehovet. For å kunne kvantifisere verdien av pålitelighet med denne metoden, må man vite hvor store de totale logistikkostnadene faktisk er. Dette inkluderer både kostnader ved lagerhold og bedriftens opplevde kostnad av å gå tom på lager. Slike data kan samles ved hjelp av spørreundersøkelser, eller beregnes ved hjelp av kostnadskoeffisienter og observert adferd. Det burde imidlertid være lettere å kvantifisere dette i Norge enn i de fleste andre land, fordi SSB gjennomfører en varetransportundersøkelse med informasjon om enkeltforsendelser fra bedrifter, som også inkluderer informasjon om avgangstidspunkt. En av hovedoppgavene i prosjektet SCALE er å bruke varetransportundersøkelsen i kombinasjon med data om transporttidsvariasjon for å kvantifisere de forskjellige elementene i bedriftenes logistikkostnader.

## 6.5 Rutevalg og tidspunkt for levering

I dagens modellsystem frakter kjøretøy/fartøy varene fra avsender til mottaker med enten individuell eller konsolidert last ombord. Det er ingen eksplisitt modellering av rutevalg hvor fartøyet besøker flere avsendere og mottakere på samme rute. For vegtransport, finnes det modellsystemer som ivaretar flere avsendere og mottakere per tur. Dette er imidlertid beregningsmessig svært krevende modellsystemer som i stor grad er designet for analyser av mindre geografiske områder (byer) med finere soneinndeling enn hva vi har i det norske modellsystemet, se for eksempel (Boerkamps and Van Binsbergen 1999, Wang and Holguin-Veras 2009). Eksempler på større modellsystemer som ivaretar slike multi-stopp godsturer er (Wisetjindawat, Sano et al. 2007), en mikrosimuleringsmodell for Tokyo Metropolitan Area, og (Outwater, Smith et al. 2012) for Chicago.

Det er trolig mindre hensiktsmessig å utvikle denne typen modellering i NGM. Det kreves en finere geografisk soneinndeling i tillegg til at det er beregningsmessig svært krevende. En utviklingsmulighet av denne typen er mer egnet i utformingen av en egen bymodell for eksempelvis godstransport i Stor-Oslo.

I dagens modellsystem forutsettes det at godset leveres i jevn strøm over året. De årlige godsstrømmene kan brytes ned til daglige leveranser, eventuelt helt ned til «peak period» leveranser, ved bruk av faste faktorer for fordeling av godsleveransene over året /døgnet. Slik godsmodellsystemet fungerer i dag er det ikke egnet til å analysere effekter av kjøprising, eller andre tidsdifferensierte tiltak i transportnettverket designet for å redusere lokale kø- og miljøproblemer. Den nye varetransportundersøkelsen inneholder informasjon om dato og klokkeslett<sup>2</sup> for utgående leveranse, og kan således utnyttes til å eksplisitt modellere variasjon i leveranser over året og døgnet. En alternativ modelleringsstrategi vil være å utføre «stated-preference» studier med formål om å utvikle en modell som ivaretar valg av leveringstidspunkt, se for eksempel (De Jong, Kouwenhoven et al. 2016).

<sup>2</sup> Klokkeslett for utgående leveranser inngår i datagrunnlaget som er innhentet fra samlasterne.

## 7 Anvendelse av modellsystemet

### 7.1 Generelle erfaringer

Nasjonal godsmodell har vært brukt i en rekke prosjekter. Tabell 7.1 gjengir eksempler på anvendelser hvor SITMA og/eller TØI har vært ansvarlig for modellkjøringene, i de fleste tilfeller også for analysen av resultatene. Listen er ikke komplett, og det er blant annet også gjort et stort antall modellkjøringer med tidligere modellversjoner. Av disse kan nevnes analyser tilknyttet KVV av ny jernbaneterminal i Drammen, analyser tilknyttet KVV for nytt logistikknutepunkt i Trøndelag, ulike korridoranalyser for tidligere NTP-arbeider, med mer.

Tabell 7.1. Eksempler på anvendelser og tilpasninger av godsmodellen i ulike utredninger.

Anvendelse	Tilpasning i modellen
<p><b>KVV – ny godsterminal Oslofjordområdet:</b></p> <p>Konsekvenser av alternative lokaliseringer av jernbaneterminaler; effekter av stenging av terminaler, effekter av lavere kostnader for nye terminaler, oppgradering av eksisterende terminaler.</p> <p>Ca. 30 ulike scenarier (+ følsomhetsanalyser)</p>	<p>Nye terminaler er innkodet i nettverket. Åpning av alternative terminaler for varegrupper som kan benytte kombitransporter. Tilpasning av transferkostnader til nye forutsetninger for effektiviserte terminaler.</p>
<p><b>Ny godsterminal Bergen:</b></p> <p>Konsekvenser av alternative lokaliseringer av jernbaneterminaler; havner og ulike konseptvalg (integreerte og separate terminaler sjø-jernbane).</p>	<p>Nye terminaler innkodet i nettverket. Åpning og lukking av alternative jernbaneterminaler og havner.</p> <p>Modellberegninger er gjort både med dagens varestrømsmatriser og matriser basert på den nye varetransportundersøkelsen.</p>
<p><b>Bred godsanalyse – strukturanalyse:</b></p> <p>Konsekvenser av alternative terminalstrukturer (betydelig antall alternative scenarier, mer enn 30)</p>	<p>Nye terminaler innkodet i nettverket. Åpning og lukking av alternative jernbaneterminaler og havner.</p> <p>Alternative kostnadsforutsetninger for havner og jernbaneterminaler</p>
<p><b>Bred godsanalyse – analyse av virkemidler:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Økt toglenge til 750 og 1000 meters tog</li> <li>• Økt maksimal hastighet på dobbeltspor til 120 og 160 km/t</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostnadsmodellen tilpasset til lengre tog</li> <li>• Toghastighet endret på de aktuelle togstrekningene</li> </ul>

Anvendelse	Tilpasning i modellen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Høyere prioritet for godstogene på jernbanen</li> <li>• Elektrifisering av Solør- og Rørosbanen</li> <li>• Innføring av modulvogntog</li> <li>• Effekt av økt drivstoffavgift og en kilometeravgift</li> <li>• EUs indre marked åpnes for lastebiltransport i EØS-området</li> <li>• 20 % raskere framføring på hovedrelasjonene uten endret brukerbetaling</li> <li>• Tilsvarende punktet over, men brukerbetalingen økes med 20 %</li> <li>• Loskostnadene reduseres med 50 %</li> <li>• Losberedskapsavgiften opphører og utgiftene dekkes av staten</li> <li>• Driften av trafikksentralene dekkes over statsbudsjettet</li> <li>• Miljøtilskudd på 500/1000/2000 NOK pr container som fraktes med sjø eller bane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simulert ved en gjennomsnittlig hastighetsøkning for godstog</li> <li>• Solør- og Rørosbanen endret fra diesel- til elektrifiserte strekninger</li> <li>• Riksvegnettet åpnet for modulvogntog</li> <li>• Simulert ved økninger i drivstoffkostnad per liter og ved økte km-kostnader for bil</li> <li>• Simulert ved lavere nivå på sjåførlønninger</li> <li>• Simulert ved høyere hastighet på riksvegnettet for bil, med eller uten økt brukerbetaling i form av økt diesel-avgift</li> <li>• Fjerning eller halvering av losberedskaps-avgiftene.</li> <li>• Fjerning av brukerbetaling av trafikksentralene</li> <li>• Simulert ved at miljøtilskuddet omregnes til en tilsvarende reduksjon i terminal-kostnader</li> </ul>
<p><b>Godsstrategi (NTP):</b>  <u>Effekt av jernbanetiltak:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Økte tog lengder</li> <li>• Elektrifisering av Rørosbanen og Solørbanen</li> <li>• Bedre prioritet for godstog alle strekninger</li> <li>• For strekningen Sande-Gjerstad økes gjennomsnittshastigheten til 110 km/t</li> <li>• Ny terminal åpnes i Grenland</li> <li>• Endringer for tilsving for tømmerog i Elverum og Kongsvinger</li> </ul> <p><u>Effekt av sjøtiltak:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fjerning av losberedskapsavgift, tilskudd til drift av containerskip og terminalhåndtering av</li> </ul>	<p>Simulert ved at følgende forutsetninger er endret i modellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Økte lengde for kombi- og vognlasttog til 750 m, tømmerog til 850 m</li> <li>• Rørosbanen og Solørbanen endret til elektriske nett</li> <li>• Økt prioritering ved økning av gjennomsnittshastighet alle strekninger med 10 km/t og strekning Sande-Gjerstad har fått økt hastighet til 110 km/t</li> <li>• Åpning av ny terminal i Eidanger</li> <li>• Effekt av tilsving modellert med tidsreduksjon mellom de to passeringspunktene</li> <li>• Fjerning av losberedskaps-avgiften i kostnads-modellen, tilskudd på 10 kr/km for 5200 dwt containerskip og 15 kr/km for 8500 dwt skip, reduksjon</li> </ul>

Anvendelse	Tilpasning i modellen
containergods innenfor en ramme på ca. 250 mill kr <u>Effekt av vegtiltak:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utbygging av motorvegplan</li> <li>• Modulvogntog kan benyttes på motorvegstrekingene</li> </ul> <u>Samlet effekt av alle tiltak samtidig</u>	i terminal- kostnader med 10 kr/tonn <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vegnettverket tilpasset forutsetningene</li> <li>• Alle endringer for sjø, jernbane og veg er analysert samtidig</li> </ul>
<b>Godsstrategi (JBV)</b> Separate tiltak: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ny terminal Hauer seter</li> <li>• Ny terminal Rudshøgda</li> <li>• Elektrifisering Hamar-Elverum – Kongsvinger + tilsving</li> <li>• Økt terminaleffektivitet</li> <li>• Lengre godstog</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ny terminal lagt inn, Hauer seter kombi og tømmer</li> <li>• Ny terminal Rudshøgda tømmer.</li> <li>• Tilpasning nettverk til elektrifisering og redusert tid pga tilsving</li> <li>• 25 % reduksjon i terminalkostnader i samtlige terminaler</li> <li>• Økt lengde for godstog til 650 m</li> </ul>

Generelt er analysene utført ved at man sammenligner modellkjøringer med innlagte tiltak, med en referansesituasjon. På denne måten kan man se systemeffekter av endringene. Med det mener vi at vi får effektene nasjonalt, inklusiv import og eksport av endringene i transportsystemet, og ikke bare lokale endringer. Nyten for næringslivet beregnes som endringer i næringslivets logistikkostnader. Da beregningene tar for seg kostnadene i hele logistikkjeden, blir ikke kostnadsfordelingen mellom transportører og transportkjøpere relevante for den totale nyten.

Andre viktige nøkkeltall for beregning av nytteeffekter er fordelingen av transportarbeid (tonnkm) mellom transportmidler og ulike hovedgrupper av transportmidler. Samlet nytte beregnes på en effektiv måte basert på resultatfilene fra modellkjøringene, som beskrevet i et tidligere kapittel om GodsNyttemodellen.

De generelle erfaringene fra modellkjøringene er at modellen fungerer logisk i forhold til hva som kan forventes ut i fra transportøkonomisk og logistisk fagkompetanse. De situasjonene hvor brukere har oppfattet enkeltresultater som ulogiske har det vist seg at dette skyldes manglende innsikt i transportøkonomi, for eksempel skalafordeler ved økt konsolidering av varestrømmer, og ikke feil i programlogikken. Ett eksempel på dette er scenarier fra godsanalysen hvor direkte tilskudd til terminaler også medførte økte volumer på sjø, noe som igjen ga bruk av større skip og lavere enhetskostnader for denne delen av skipstransporten, med det resultat at næringslivet fikk mernytte utover de rene tilskuddene.

Dette betyr naturligvis ikke at modellene er perfekte, en modell vil alltid være en forenkling av virkeligheten og det vil derfor alltid være behov for videreutvikling. De viktigste erfaringene med hensyn til utviklingsbehov fra prosjektene som er gjengitt i figuren over er:

- Generelt er det behov for forenklinger i brukergrensesnittet, da bruken i dag krever god kompetanse og god innsikt både i brukerbeskrivelse, teknisk beskrivelse og erfaring fra hvordan programmet virker på detaljnivå.

- Et enklere grensesnitt mellom modellresultater og samfunnsøkonomiske beregninger har vært etterlyst, men dette er i stor grad løst gjennom utvikling av den tidligere omtalte GodsNyttmodellen.
- Behov for mer detaljert havnestruktur i enkelte områder.
- Behov for å kunne differensiere tog lengde mellom ulike strekninger i tillegg til dagens differensiering på togtyper.
- Behov for mer finmasket løsning for tilførselsveier til vegnettet for modulvogntog.
- Behov for mer utviklede pedagogiske verktøy, for eksempel kurs eller beskrivende materiale, til brukere som i mindre grad er kjent med logistiske og transportøkonomiske sammenhenger i godssektoren. Det samme gjelder tiltak for økt forståelse av transportstatistikk innenfor godssektoren.

## 7.2 Noen spesifikke eksempler på bruk

Vi vil i det følgende gå gjennom erfaringer med bruk av modellen innenfor et utvalg problemstillinger som er gitt av oppdragsgiver, Samferdselsdepartementet:

- Avgiftsendringer
- Beregninger av overføringspotensial
- Havnekonsentrasjon
- Godsterminal Bergen
- Kombinasjon av havneeffektivisering og havnekonsentrasjon
- Incentivordninger for godsoverføring fra veg til sjø

I og med at alle disse problemstillingene er belyst ved ulike prosjekter hvor vi har deltatt og gjort modellberegningene, så vil vi basere vurderingene på konkrete prosjekterfaringer, samt supplere dette med hvordan denne typen analyser kan gjøres med utgangspunkt i modellen. Analysene gjøres i hovedsak ved at resultater fra modellkjøringer med tiltak sammenlignes med resultater fra modellkjøringer for referansesituasjonen.

### Avgiftsendringer

Effekten av avgiftsendringer er i utgangspunktet noe som modellen er velegnet til å simulere. Det ene eksemplet som er nevnt fra oppdragsgiver er effekten av **å sette vegavgiftene lik eksterne kostnader for veg**. En avgiftsøkning som kan omregnes til en kostnad per km for de ulike biltyperne i modellen, legges inn som et direkte tillegg i kostnadsmodellen for disse bilene, og nye vehicles- og transferfiler genereres med disse kostnadsendringene innlagt. Ved å sammenligne modellresultatene fra en kjøring under disse kostnadsforutsetningene med resultatene fra en referansekjøring kan effekten av avgiftsendringen beregnes.

Hvis man alternativt legger inn kostnadene som et tillegg i dieselavgiften kan dette gjennomføres på tilsvarende måte, men hvor man legger avgiften inn som en økning i dieselprisen, og lager nye kostnadsfiler basert på denne forutsetningen.

I forbindelse med bred godsanalyse ble det gjort beregninger hvor man la inn det som på analysetidspunktet var estimerte eksterne kostnader med kr 0,78 per km. (Senere er estimatene for disse effektene forbedret og endret). Beregningene ble gjort med

utgangspunkt i det som på beregningstidspunktet var prognoser for varestrømmer i 2040, og dette ble sammenlignet med referansen for 2040.

Tabellen nedenfor viser beregnede logistikkostnader for næringslivet i referanseberegningen og i alternativet med eksterne kostnader lagt til i km-kostnadene.

Tabell 7.2 Beregnede logistikkostnader for næringslivet i alternativet med avgifter på veg lik eksterne kostnader og i referanseberegningen. Tall i mill kr for beregningsåret 2040.

	Innenlands	Eksport	Import	SUM
Avgifter lik eksterne kostnader	93 988	78 226	59 626	231 840
Referanse 2040	92 544	77 638	58 962	229 144
Differanse logistikkostnader	1 443	589	664	2 696

Modellen beregner ikke direkte eksterne effekter som utslipp og ulykkeskostnader, men disse kan lett beregnes basert på transportmiddelfordelt transportarbeid (tonnkm). I eksemplet beregnet vi følgende endringer i transportmiddelfordeling på norsk område, målt som transportarbeid.

Tabell 7.3. Transportmiddelfordelt transportarbeid i alternativet med avgifter på veg lik eksterne kostnader og i referanseberegningen. Tall i mill tonnkm for beregningsåret 2040.

Innenlands	Bil	Sjø	Tog
Avgifter lik eksterne kostnader	30 544	32 289	5 131
Referanse 2040	31 152	31 792	4 762
Absolutt endring	-607	496	369
Prosentvis endring	-1.9%	1.6%	7.7%
<b>Eksport+import</b>			
Avgifter lik eksterne kostnader	3 663	99 481	1 709
Referanse 2040	3 856	99 274	1 694
Absolutt endring	-194	207	15
Prosentvis endring	-5.0%	0.2%	0.9%

For beregning av eksterne effekter tas det utgangspunkt i transportarbeidet fordelt på mer detaljerte transportmidler, som vist i følgende tabell.

Tabell 7.4. Transportmiddelfordelt transportarbeid fordelt på hovedmodes i modellen. Tall i 1000 tonnkm for beregningsåret 2040.

	Innenlands	Innlandsdel import	Innlandsdel eksport
Lette biler	712 668	48	108
Tunge biler	29 748 489	1 745 482	1 910 787
Modulvogntog	83 222	548	5 572
Containerskip	2 824 192	1 389 841	2 616 144
Andre skip	29 464 361	81 603 321	13 871 849
El tog	4 178 058	495 217	1 204 565
Dieseltog	952 763	8 852	-

Etter behov kan man ta ut mer detaljerte resultater, f.eks. for enkeltelementer i kostnader, tonnmengder på enkeltrelasjoner, for spesifikke varegrupper, transportmidler osv.

Hvis man skal sette **avgifter på både veg og sjø lik eksterne kostnader** så gjøres det på samme måte som beskrevet for beregningen for veg alene over. Eksterne kostnader (kr/km) for de ulike transportmidlene brukes til å korrigere km-kostnadene for de aktuelle biltyper og skipstyper i kostnadsmodellen. Hvis de eksterne kostnadene er differensiert mellom ulike båttyper, biltyper mm, kan man gjøre denne korrigeringen for hvert enkelt kjøretøy i kostnadsmodellen. Modellberegningene foretas så med utgangspunkt i de nye kostnadsfilene, og resultatene sammenlignes mot referansen.

Hvis man skal se på **endringer i sektoravgifter for Kystverket** er dette også relativt enkelt å utføre. Kostnadsmodellen er forberedt til slike analyser ved at kontrollavgifter for ulike trafikkområder, losavgifter og losberedskapsavgifter er inputdata til kostnadsmodellen, og kan endres der. Når de ulike sektoravgiftene er satt til det nivå man vil undersøke effekten av, foretas modellberegninger basert på nye kostnadsfiler. Dette er, som nevnt i tabell 7.1, gjort i en rekke tidligere beregninger, både for ulike nivåer av losberedskapsavgifter, ulike nivåer for losingskostnader, fjerning av kontrollavgifter for trafikksentralene og kombinasjoner av tiltak. Effekten av de ulike endringene var relativt små, hvilket er logisk tatt i betraktning hvor liten andel disse avgiftene utgjør av logistikkostnadene for de fleste transportkjedene.

## Beregning av overføringspotensialet fra veg til sjø og veg til bane

NGM beregner ikke direkte overføringspotensialer, men kan allikevel benyttes til slike analyser. Det man gjør da er at man simulerer effekten av ulike virkemidler, og ser hvor stor overføring som blir resultatet av virkemidlet. Eksempel på tidligere beregninger er simulering av effekten på transportmiddelfordelingen av ulike nivåer på diesellavgifter, av ulike tilskudd til sjøtransport, og av reduksjon i havne- og vareavgifter. Ved å beregne effektene av ulike nivåer på virkemidlene får man en oversikt over størrelsesorden på overføringspotensial og hva det vil koste.

Som et eksempel på en slik beregning kan vi se nærmere på en analyse foretatt for NTPs arbeid med godsstrategien. Problemstillingen var:

Hvilket overføringspotensiale ligger i følgende virkemiddelpakke på jernbanesiden:

- Økte tog lengder, generelt til 750 m lange tog (850 m for tømmer tog)
- Elektrifisering av Rørosbanen og Solørbanen
- Bedre prioritet slik at alle strekninger får en økning i gjennomsnittshastighet på 10 km/t
- For strekningen Sande-Gjerstad økes gjennomsnittshastigheten til 110 km/t
- Ny terminal åpnes i Grenland
- Endringer for tilsving for tømmer tog i Elverum og Kongsvinger er modellert ved en tidsreduksjon for de to passeringspunktene

Modellmessig ble dette implementert ved at man la inn de spesifiserte endringene i tog lengder i kostnadsmodellen. Jernbanenettet for Rørosbanen og Solørbanen ble endret til elektrisk, og de spesifiserte hastighetsendringene ble lagt inn i jernbanenettverkene. Videre ble det lagt inn og åpnet en ny terminal i Grenland, både i nettverk og nodesfiler). Tilsvingsproblematikken ble modellert ved tidsendringer i nettverkene.

Beregningene ble foretatt i januar 2016 og var basert på siste versjon av matriser og modell per dette tidspunktet. Dette er en nyere modellversjon enn den som var brukt i eksemplet i forrige avsnitt.

Tabell 7.5 og 7.6 viser effekten på transportmiddelfordelingen i tonnkm og i tonn, og gir dermed en indikasjon på overføringspotensialet ved denne konkrete virkemiddelbruken. Referanse- og modellberegninger er foretatt for år 2022.

Tabell 7.5. Transportmiddelfordelt transportarbeid som følge av jernbanetiltak. Tall i mill tonnkm for beregningsåret 2022.

Innenlands	Bil	Sjø	Tog
Alternativ med jernbanetiltak	19 797	22 847	4 790
Referanse 2022	20 514	23 250	3 627
Absolutt endring	-717	-403	1 163
Prosentvis endring	-3.5%	-1.7%	32.1%
<b>Eksport + import</b>			
Modell med jernbanetiltak	3 232	63 871	1 422
Referanse 2022	3 356	63 979	1 136
Absolutt endring	-123.8	-107.7	285.8
Prosentvis endring	-3.7%	-0.2%	25.2%

Tabell 7.6. Endring i transportmiddelfordelte tonn som følge av jernbanetiltak. Tall i mill tonn for beregningsåret 2022.

Innenlands	Bil*	Sjø	Tog	Ferge
Absolutt endring	1.4	-0.4	2.0	
Prosentvis endring	0%	-1%	21%	0%
<b>Eksport</b>				
Absolutt endring	0.5	-0.1	0.7	0.0
Prosentvis endring	1%	0%	19%	-5%
<b>Import</b>				
Absolutt endring	0.3	-0.2	0.6	-0.1
Prosentvis endring	1%	-1%	25%	-3%

\*Økt antall tonn på jernbane eller sjø innebærer at tonn på veg også øker, da man har vegtransport i begge ender av slike transportkjeder.

## Effekt av konsentrasjon av havner

Modellen har ved en rekke analyser blitt brukt til å simulere effekten av økt havnekonsentrasjon. Eksempler på dette er ulike beregninger i strukturanalysen i bred godsanalyse, men også senere beregninger, blant annet i KVVU-arbeidet for nye terminaler i Oslofjordområdet.

Rent metodisk så finner man effekten av økt konsentrasjon ved at man stenger havner for gitte varegrupper, enten for containertrafikk, annen sjøtransport eller begge deler. Dette gjøres på varegruppenivå, slik at man kan differensiere mellom tiltak for bulkvarer, stykkgodsvarer mv (39 varegrupper). Det er stort sett to effekter man finner i disse analysene. Den ene er at når tilbud fjernes, så vil varene finne alternative ruter, enten på sjø



eller ved overgang til veg eller bane. Disse alternative rutene er i utgangspunktet mer kostnadskrevede enn det som faller bort, fordi tilbringertransport med lastebil øker slik at næringslivets kostnader vanligvis vil øke. For noen varestrømmer hvor det skjer overføring til andre havner, kan dette i noen tilfeller medføre at varegrunlaget for sjøtransport øker, noe som igjen åpner for skalafordeler og lavere enhetskostnader, både for det som allerede gikk med skip og det som potensielt overføres. Dette beregnes i den såkalte konsolideringsmekanismen i modellen. For noen varestrømmer vil derfor resultatet kunne bli en kostnadsreduksjon, selv om hovedmønsteret for øvrig er kostnadsøkninger. Som et eksempel kan vi se på en nylig beregning i forbindelse med KVVU-arbeidet i Oslofjorden. Denne beregningen er en følsomhetsanalyse til et av konseptvalgene på jernbane, med følgende forutsetninger:

- Containere (lo-lo) og bilimport med skip stenges i havnene Oslo, Moss og Drammen
- Ny havn åpnes for alle godstyper på Tofte

Dette ble implementert i modellen ved at tilgang for containerskip ble stengt i Oslo, Moss og Drammen havn. Videre ble de samme havner stengt for varegruppen som inneholder biler. Samtidig ble Hurum som havn (ligger i modellen på Tofte) åpnet for alle varegrupper. Effektene av denne havnekonsentrasjonen er vist i tabellene nedenfor. Det understrekes at sammenligningen er mot et konkret konsept (kalt K3), og at dette prosjektet ennå ikke er avsluttet, slik at endringer kan komme i den videre prosjektfasen.

Tabell 7.7. Beregnede logistikkostnader for næringslivet ved havnekonsentrasjon, og sammenligningsalternativ K3. Tall i mill kr for beregningsåret 2030.

	Innenlands	Eksport	Import	SUM
Havnekonsentrasjon	76 878	47 930	64 754	189 562
K3 2030	76 804	47 903	64 501	189 208
Differanse	74	28	253	355

Tabell 7.8. Transportmiddelfordelt transportarbeid ved havnekonsentrasjon, som avviker fra sammenligningsalternativ K3. Tall i mill tonnkm for beregningsåret 2030.

Innenlands	Bil	Sjø	Tog
Absolutt endring	160	-524	180
Prosentvis endring	0.7%	-2.2%	4.2%
<b>Eksport+import</b>			
Absolutt endring	160	-309	31
Prosentvis endring	3.9%	-0.5%	2.3%

Tabell 7.9. Transportmiddelfordelte tonn for ved havnekonsentrasjon som avvik fra sammenligningsalternativ K3. Tall i mill tonn for beregningsåret 2040.

Innenlands	Bil*	Sjø	Tog
Absolutt endring	-0.4	-0.8	0.4
Prosentvis endring	-0.1 %	-1.9 %	3.9 %
<b>Eksport</b>			
Absolutt endring	0	0	0.1
Prosentvis endring	0.0 %	0.0 %	2.4 %
<b>Import</b>			
Absolutt endring	0.4	-0.3	0
Prosentvis endring	1.1 %	-0.7 %	0.0 %

\*Redusert antall tonn på jernbane eller sjø innebærer at tonn på veg også minker, da man har vegtransport i begge ender av slike transportkjeder. Ett tonn som forsvinner fra sjø til veg, går fra å telles som to tonn på veg til å telles som ett tonn på veg.

I scenariet med havnekonsentrasjon legges det ned en del tilbud på havnesiden. Resultatet er en nedgang i tonnkilometer på sjø innenlands med 524 millioner tonnkilometer, og en kostnadsøkning for næringslivet på 355 millioner kroner.

## Havneeffektivisering og havnekonsentrasjon

Dette er en problemstilling som er en utvidelse av det vi beskrev tidligere for havnekonsentrasjon, hvor man stengte havner for gitte varegrupper, enten for containertrafikk, annen sjøtransport eller begge deler. Nå øker man i tillegg effektiviteten for gitte tjenester i utvalgte havner. Det siste gjør man enten ved å redusere direkte laste/lossekostnader for vedkommende havn, endre (teknologi-)klassifisering av havnen og/eller gjøre direkte korreksjoner av kostnadene i havnen for gitt skipstype og varegruppe. Disse endringene foretas i kostnadsmodellen, samt i godsmodellens nodesfiler.

Som et eksempel ser vi på en følsomhetsanalyse fra november 2016, hvor havnekonsentrasjon kombineres med effektivisering av den nye havnen. Følgende forutsetninger ble benyttet:

- Containere (lo-lo) og bilimport med skip stenges i Oslo, Moss og Drammen havn
- Ny havn åpnes for alle godstyper på Tofte
- Den nye havna gis en kostnadsreduksjon på 20%

Resultatene fremgår av tabellene nedenfor, hvor vi legger merke til at effektiviseringen gir lavere kostnadsøkning for næringslivet enn det vi hadde med en ren konsentrasjon.

Tabell 7.10. Beregnede logistikkostnader for næringslivet ved havneeffektivisering og havnekonsentrasjon, og referanseberegningen. Tall i mill kr for beregningsåret 2030.

	Innenlands	Eksport	Import	SUM
Havnekonsentrasjon og effektivisering	76 872	47 924	64 693	189 489
K3 2030	76 804	47 903	64 501	189 208
Differanse logistikkostnader	69	21	192	282

Tabell 7.11. Transportmiddelfordelt transportarbeid for modellen med havnekonentrasjon og havneeffektivisering, som avvik til referanse. Tall i mill tonnkm beregningsåret 2030.

Innenlands	Bil	Sjø	Tog
Absolutt endring	156	-489	167
Prosentvis endring	0.7%	-2.0%	3.8%
<b>Eksport+import</b>			
Absolutt endring	151.5	-283.2	25.2
Prosentvis endring	3.7%	-0.4%	1.8%

Tabell 7.12. Transportmiddelfordelt transportarbeid for modellen med havnekonentrasjon og havneeffektivisering, som avvik til referanse. Tall i mill tonn for beregningsåret 2030.

Innenlands	Bil	Sjø	Tog	Ferge
Absolutt endring	-0.4	-0.8	0.4	
Prosentvis endring	0%	-2%	4%	
<b>Eksport</b>				
Absolutt endring	0.0	-0.1	0.1	0.0
Prosentvis endring	0%	0%	2%	0%
<b>Import</b>				
Absolutt endring	0.4	-0.2	0.1	0.1
Prosentvis endring	1%	0%	4%	2%

Sammenliknet med scenariet med kun havnekonentrasjon får vi i dette scenariet, som også har ca 20% lavere kostnad for gods som omlastes på Tofte, en noe lavere nedgang i tonnkm for skip. Nedgangen er nå 489 mill tonnkm, men kostnadsøkningen er redusert til 282 mill kr. For import/eksport er det stort sett ikke endring i tonn, men noe økning i tonnkm for lastebil som skyldes økt tilbringerdistanse.

## Godsterminal Bergen

### KVU-arbeidet

STMA gjorde beregninger med godsmodellen for alle konseptalternativene som ble analysert i KVUen for nytt logistikknutepunkt i Bergen. Effekten av ulike lokaliseringer ble beregnet ved at alle terminalalternativ ble plassert i transportnettverket i henhold til spesifikasjonen gitt av KVU-prosjektet. For de ulike konseptene ble ulike terminallokaliseringer åpnet og stengt i henhold til innholdet i konseptdefinisjonen, både for jernbaneterminaler og havner.

Beregningene ble gjort for 12 delte konsepter (ulik plassering av havn og bane), et integrert konsept (Flesland) og moderniseringsalternativet i tillegg til referanse. Konseptene ble beregnet for ulike beregningsår. For det integrerte konseptet, Flesland, ble det åpnet for direkte omlasting båt-bane på terminalen. I moderniseringsalternativet ble det lagt inn en kostnadseffektivisering på Nygårdstangen. Videre ble det både for referansealternativet og moderniseringsalternativet gjort beregninger basert på kapasitetsbegrensninger for Nygårdstangen.

For de detaljerte beregningene henvises det til analyserapport for KVUen. Under viser vi som eksempel noen resultattabeller for ett beregningsår (2050) og ett konsept (Flesland integrert). Dette konseptet er sammenlignet med referansealternativet for 2050.

Tabell 7.13. Endring i transportmiddelfordelte tonn som følge av integrert jernbane- og havneterminal på Flesland. Tall i mill tonn for beregningsåret 2050.

Innenlands	Bil*	Sjø	Tog	Ferge
Absolutt endring	0.5	-0.6	0.8	
Prosentvis endring	0%	-2%	7%	
<b>Eksport</b>				
Absolutt endring	0.1	0.2	0.0	0.0
Prosentvis endring	0%	0%	1%	0%
<b>Import</b>				
Absolutt endring	0.2	-0.2	0.0	0.0
Prosentvis endring	0%	0%	1%	1%

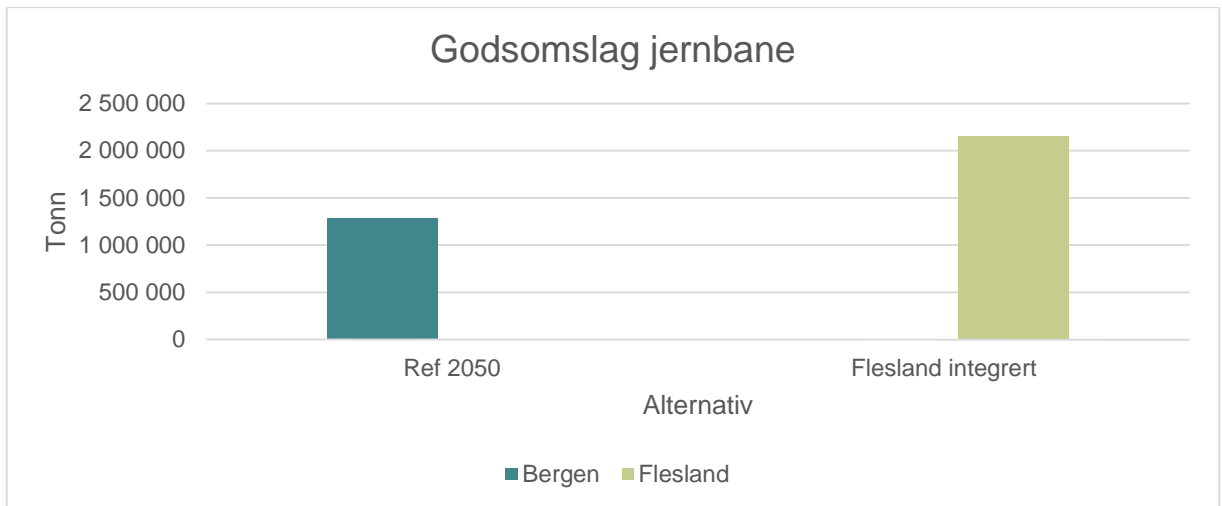
\*Økt antall tonn på jernbane eller sjø innebærer at tonn på veg også øker, da man har vegtransport i begge ender av slike transportkjeder.

Tabell 7.14. Endring i transportmiddelfordelt transportarbeid som følge av integrert jernbane- og havneterminal på Flesland. Tall i mill tonnkem for beregningsåret 2050.

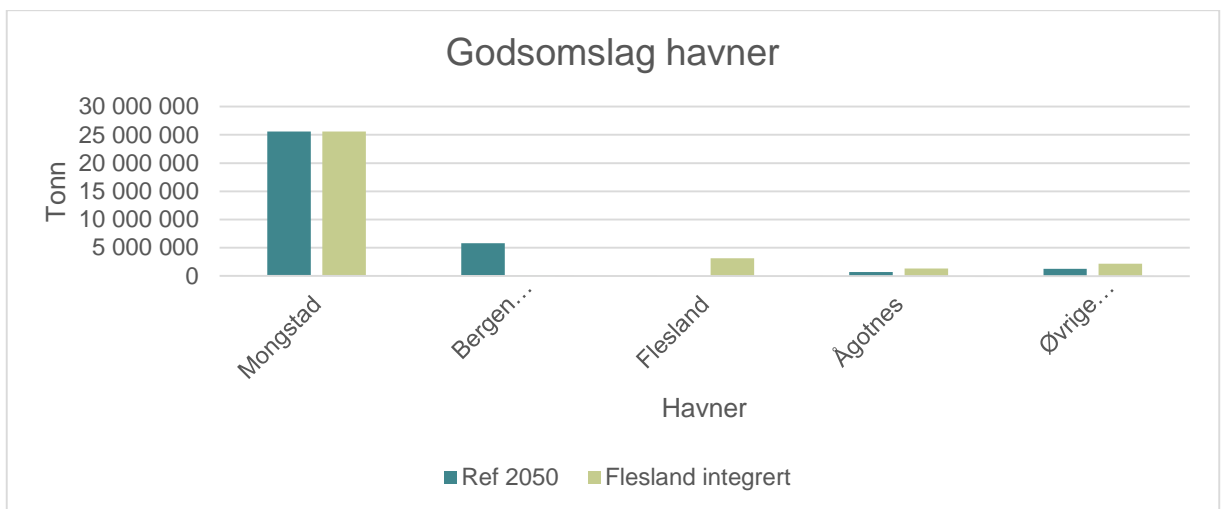
Innenlands	Bil	Sjø	Tog
Absolutt endring	-33	-458	446
Prosentvis endring	-0.1%	-1.8%	8.6%
<b>Eksport + import</b>			
Absolutt endring	99.1	-138.5	57.2
Prosentvis endring	1.7%	-0.2%	3.1%

Tabell 7.15. Beregnede logistikkostnader for næringslivet ved integrert havne- og jernbaneterminal på Flesland. Tall i mill kr for beregningsåret 2050.

	Innenlandsk	Eksport	Import	SUM
Tiltaksalternativ	90 009	57 818	94 902	242 730
Referanse 2050	89 937	57 814	94 790	242 541
Diff. logistikkostnader	73	4	112	189



Figur 7.1. Godsomslag i jernbaneterminal i referanse og ved integrert havne- og jernbaneterminal på Flesland. Beregningsår 2050.



Figur 7.2. Godsomslag i havner i Hordaland i referanse og ved integrert havne- og jernbaneterminal på Flesland. Beregningsår 2050.

Tabell 7.16. Beregnede godsmengder med lastebil fra Oslo-Akershus til Hordaland i referanse, moderniseringsalternativet og integrert Flesland. Beregningsår 2050.

	Fra Oslo-Akershus til Hordaland	Fra Hordaland til Oslo-Akershus
Referanse	2 129 055	2 462 003
Modernisering	2 122 202	1 838 915
Integrert Flesland	2 155 346	2 159 122

### **KS1-arbeidet**

TØI hadde KS1-oppdraget for nytt logistikknutepunkt i Bergen. Ett av spørsmålene som skulle besvares var hvorfor beregninger med godsmodellen ga en helt annen rangering av de alternative lokasjonene enn en varestrømsanalyse som var gjennomført av NHO logistikk og transport i Bergen i 2013. Som grunnlag for å vurdere dette fikk TØI tilgang til et testdatasett fra SSBs nyeste varetransportundersøkelse (VTU) for alle transporter til/fra Hordaland. Datasettet ble brukt som grunnlag til å lage nye varestrømsmatriser som så ble implementert i godsmodellen. Matrisene ble fremskrevet basert på vekstbanene som er utarbeidet til Transportetatens NTP-arbeid (Hovi m fl, 2015). Beregningene ga et annet resultat enn i KVUen, og som var mer i overensstemmelse med analysene som var basert på NHO logistikk og transport sin varestrømsundersøkelse.

Dette illustrerer at det er viktig å bruke gode inndata i modellen. De eksisterende varestrømsmatrisene (som ble brukt i KVUen) er i stor grad basert på en varestrømsundersøkelse som SSB gjennomførte i 2009, med basisår 2008. Denne undersøkelsen skiller seg fra varetransportundersøkelsen fra 2014 ved at den kun er en utvalgsundersøkelse, der utvalget er blåst opp til totaltall basert på faktorer som er omvendt proporsjonale med utvalgssannsynligheten korrigert for frafall. Dette gjør at strømmer som er representert i undersøkelsen vil overrepresentere varestrømmene i den geografiske regionen de er lokalisert. I den nye undersøkelsen har man komplett utvalget med informasjon fra de 20 største samlasterne i Norge. Bedrifter som ikke er dekket av noen av disse observasjonene får imputerte godsmengder basert på informasjon om innenriks omsetning fra momsregisteret, mens leveransmønster baseres på nærmeste nabo-prinsippet.

Det jobbes i skrivende stund med å etablere nye varestrømsmatriser til godsmodellen basert på hele utvalget fra VTUen.

### **Incentivordning for overføring fra veg til sjø**

Et insentiv for bruk av sjøtransport kan modellmessig utformes som en kostnadsendring. Hvis for eksempel insentivordningen er knyttet til containertransport, kan dette implementeres som en kostnadsreduksjon for sjøtransport av containere. Denne kan omregnes til en kostnadsreduksjon på terminalkostnadene i havn, eller i enkelte tilfeller som et direkte tilskudd til reduksjon av km-kostnadene på sjø. Begge disse variantene kan legges inn som korreksjoner i kostnadsmodellen, og beregningene av effektene foretas basert på de justerte kostnadsfilene.

Som et eksempel kan vi se på en beregning som ble foretatt for arbeidet med godsstrategi for NTP i januar 2016. Utgangspunktet var en modell med tilskudd til drift av container-skip og terminalhåndtering av containergods på skip. Dette ble modellert som en kostnadsreduksjon på 10 kr/km for skip med 5200 dwt og 15 kr/km for skip med 8500 dwt. Terminalkostnadene ble redusert med 10 kr/tonn for de samme båttypene. I utgangspunktet ble tilskuddene tilpasset slik at disse samlet skulle ligge innenfor ca 250 mill kroner pr år i dagens verdi. I beregningene har vi fått til en tilpasning innenfor en besparelse i transportkostnader i 2022 på ca. 300 mill kroner. Tatt i betraktning at dette er 2022-tall, og at en del av besparelsen er reduserte kostnader for brukerne pga bedre utnyttelse av skipene og skalafordeler på sjø, kan vi si at tilskuddene ligger innenfor den grove rammen som var forutsatt.

Effektene av tiltaket fremgår av beregningsresultatene nedenfor:

Tabell 7.17. Beregnede logistikkostnader for næringslivet ved incentivordning for sjøtransport, og referanseberegningen. Tall i mill kr for beregningsåret 2030.

	Transport- kostnader	Logistikk- kostnader	Tonn CO <sub>2</sub>	Ulykkes- kostnader
Alternativ med sjøtiltak	147 210	158 765	4 166	6 078
Referanse 2022	147 512	159 082	4 169	6 096
Endring pr år	-302	-316	-3	-18

Tabell 7.18. Transportmiddelfordelte tonn for modellen med incentivordning for sjøtransport og havneeffektivisering, som avvik til referanse. Tall i mill tonn for beregningsåret 2030.

	Bil*	Sjø	Tog	Ferge
<b>Innenlands</b>				
Endring, absolutt	0.3	0.4	-0.1	
Endring i %	0%	1%	-1%	
<b>Eksport</b>				
Endring, absolutt	0.0	0.0	0.0	0.0
Endring i %	0%	0%	-1%	0%
<b>Import</b>				
Endring, absolutt	0.1	-0.1	-0.1	0.0
Endring i %	0%	0%	-3%	-1%

\*Økt antall tonn på jernbane eller sjø innebærer at tonn på veg også øker, da man har vegtransport i begge ender av slike transportkjeder.

## 8 Konklusjon og diskusjon

### 8.1 Komplekse sammenhenger krever komplekse løsninger

Nasjonal godstransportmodell er et komplekst modellsystem, som krever et omfattende datasett for input og ekspertkunnskap for å betjene. En modell er en forenkling av virkeligheten og vil alltid basere seg på en rekke forutsetninger som i varierende grad er realistiske i forhold til de komplekse sammenhengene modellen er konstruert for å gjenspeile. Størrelsen og kompleksiteten i et modellsystem avhenger av problemstillingene modellen er satt til å løse.

Transportmodeller er verktøy i transport- og samfunnsplanlegging, hvor formålet er å hjelpe beslutningstakere til å treffe beslutninger omkring fremtidig utvikling slik at mål, design, politikk og investeringer kan utformes for å møte et fremtidig behov for å flytte mennesker og varer til destinasjoner. Et modellresultat er en prognose på en mulig fremtidig utvikling gitt de forutsetninger som ligger til grunn for analysen. Det er viktig at brukerne av modellen er bevisst på forutsetningene, for å kunne analysere resultatene fra modellen, samtidig som forutsetningene må klargjøres for beslutningstakerne slik at disse kan treffe beslutninger på et riktigst mulig grunnlag.

Det er ofte ønsket om å gjøre modellsystemet mer detaljert for å fange enda flere sofistikerte sammenhenger, samtidig som systemet kritiseres for å være en «black box». Dette illustrerer at det er viktige avveininger mellom kompleksitet, brukervennlighet og transparens. Stadig mer komplekse modellsystemer kommer med en kostnad i form av fallende transparens, hvor det er vanskelig for beslutningstakere å få oversikt over hva modellresultatene kommuniserer, hva modellen har utelatt og hvilke mekanismer og forutsetninger som ligger til grunn for resultatene. Kompleksitet i modellsystemet innebærer også økt detaljeringsgrad i inndataene til modellen, noe som virker negativt inn på brukervennlighet og vedlikehold/oppdatering av modellsystemet, samt for modellens kjøretid og behov for regnekraft.

Modellutvikling er en kontinuerlig prosess og for å kunne vurdere egnetheten og realismen til et modellsystem, må det avklares hva som er formålet med modellen. Først når formålet er avklart kan modellen valideres for å se om den tjener det formålet den er utviklet for.

Modellsystemets utviklingsmuligheter vil nødvendigvis måtte vurderes opp imot kriterier for kompleksitet, transparens og brukervennlighet.

### 8.2 Godsmodellsystemets egnethet

I rapporten er det gitt en gjennomgang av erfaringer fra analyser hvor modellsystemet er anvendt i KVVU arbeid, arbeid med etatenes godsstrategi og for bred godsanalyse, samt hvilke tilpasninger som er gjort i modellverktøyet for å anvende NGM på hvert enkelt prosjekt. Tidligere versjoner av NGM er benyttet i en lang rekke prosjekter som for eksempel ulike korridoranalyser i NTP-arbeider, KVVU av ny jernbaneterminal i Drammen og i analyser tilknyttet nye logistikk-knutepunkt i hhv Trøndelag og Bergen.



De generelle erfaringene fra alle modellkjøringene er at modellen fungerer logisk i forhold til hva som kan forventes ut i fra transportøkonomisk og logistisk fagkompetanse.

Dette betyr naturligvis ikke at modellene er perfekte. En modell vil alltid være en forenkling av virkeligheten og det vil derfor alltid være behov for videreutvikling. Erfaring opparbeidet gjennom prosjektarbeid og uttesting av modellsystemet har synliggjort enkelte begrensinger og utviklingsmuligheter i modellsystemet:

- Generelt er det behov for forenklinger i brukergrensesnittet, da bruken i dag krever god kompetanse og god innsikt både i brukerbeskrivelse, teknisk beskrivelse og erfaring fra hvordan programmet virker på detaljnivå.
- Et enklere grensesnitt mellom modellresultater og samfunnsøkonomiske beregninger har vært etterlyst, men dette er i stor grad løst gjennom utvikling av den såkalte GodsNyttemodellen.
- Behov for mer detaljert havnestruktur i enkelte områder
- Behov for å kunne differensiere tog lengder mellom ulike strekninger, i tillegg til dagens differensiering på togtyper
- Behov for et mer finmasket vegnett
- Behov for mer utviklede pedagogiske verktøy, for eksempel kurs eller mer beskrivende materiale, til brukere som er ukjent med logistiske og transportøkonomiske sammenhenger i godssektoren. Det samme gjelder tiltak for økt forståelse av transportstatistikk innenfor godssektoren.

I kommunikasjonen med oppdragsgiver er vi bedt spesielt om å se på modellsystemets egnethet i analyser av:

- Avgiftsendringer
- Beregninger av overføringspotensialer
- Havnekonsentrasjon
- Godsterminal Bergen
- Kombinasjon av havneeffektivisering og havnekonsentrasjon
- Incentivordninger for godsoverføring fra veg til sjø

Da alle de ovenfor nevnte problemstillingene er belyst i ulike prosjekter hvor TØI / Sitma har deltatt og gjort modellberegningene, har vi i hovedsak basert vurderingene på konkrete prosjekterfaringer, hvor disse er supplert med tips til hvordan NGM kan anvendes til analyser av denne typen.

Tabell 8-1: NGMs egnethet til analyser av ulike problemstillinger

Problemstilling	Egnethet	Kommentar
Avgiftsendringer	Velegnet	I rapporten er modellsystemets egnethet til å analysere avgiftsendringer eksemplifisert gjennom hvordan man utfører analyser av avgifter i veg- og sjøtransport lik eksterne kostnader, samt endringer i sektoravgifter for Kystverket.
Beregninger av overføringspotensialer	Egnet	NGM kan benyttes til å beregne overføring som følge av virkemiddelbruk. Effekten av virkemidler kan simuleres for å se på hvor stor overføring som blir resultatet av virkemidlet.
Havnekonsentrasjon	Velegnet	Modellen er anvendt en rekke ganger til denne typen av analyser. En gjennomgang av hvordan dette rent metodisk utføres er gitt i rapportens kapittel 7.
Godsterminal Bergen	Egnet	Nye analyser av Godsterminal Bergen hvor det anvendes oppdaterte varestrømsmatriser viser viktigheten av gode inndata i modellsystemet. Liten geografisk forskjell mellom de ulike konseptene vanskeliggjør analysene.
Kombinasjon av havneeffektivisering og havnekonsentrasjon	Velegnet	I rapporten er det vist til følsomhetsanalyser som kombinerer havnekonsentrasjon med effektivisering i den nye havnen.
Incentivordning for godsoverføring fra veg til sjø og jernbane	Egnet	Analyser av denne typen kan modellmessig utformes som kostnadsendringer. I rapportens kapittel 7 er dette eksemplifisert gjennom analyser av tilskudd til drift av containerskip og terminalhåndtering av containergods på skip.

Oppsummert viser analyser at NGM i prinsippet kan benyttes til å analysere alle godstransporttiltak hvor effektene kan tallfestes i endringer i kostnader, tid eller distanse. Erfaring fra modellanalyser viser at det for konseptvalganalyser hvor det er liten geografisk forskjell mellom alternativene, kan være utfordrende for modellsystemet å skille tilstrekkelig mellom konseptene. NGM gir ingen endringer i bedriftslokalisering som følge av endringer i infrastruktur eller endret virkemiddelbruk. Eksempelvis kan det tenkes at havnekonsentrasjon vil medføre at en mer effektiv og større havn, med store bakarealer, vil kunne tiltrekke seg nye bedrifter og medføre relokalisering av industri og engrosklager. Dette vil ikke bli fanget opp av modellsystemet. Det er ikke mulig å utvikle et modellverktøy som fullt ut klarer å håndtere endringer i bedrifters lokaliseringsmønster over tid. Denne begrensningen må brukerne av modellverktøyet ta inn over seg og være klar over når modellresultatene presenteres. Iterative analyser gjort med Pingo og Logistikkmodulen kan gi innsikt i hvordan endrede varestrømmer påvirker terminalstrukturen og logistikkostnadene i transportsystemet, og dersom dette benyttes som ny input i Pingo kan det også til dels analyseres hvordan produksjonsstrukturen påvirkes av ny terminalstruktur og nye logistikkostnader. Derimot er det ikke mulig for modellverktøyet å predikere hvorvidt det oppstår ny produksjon eller engrosomsetning på lokaliteter hvor det ikke er produksjon eller engrosomsetning av denne varetypen i utgangspunktet, heller ikke

hvordan bedriftseiere velger å omstrukturere driften i færre eller flere produksjonsenheter. For slike analyser må det gjøres manuelle korrigeringer i inngangsdataene til modellene.

Dette gjelder dog ikke analyser av tidsdifferensierte tiltak i transportsystemet, og i mindre grad analyser av storbyspesifikke tiltak. Førstnevnte begrensning skyldes at i dagens modelloppsett er det årlige transportstrømmer som analyseres. Dagens soneinndeling har en for grov sonestruktur til at NGM er velegnet til analyser av storbyspesifikke tiltak. En kraftig økning i antall soner innenfor dagens modell vil ha sine utfordringer i økt kompleksitet og økte kjøretider, etc., og er derfor ikke å anbefale. Det bør heller vurderes å starte utviklingen av en bymodell for Osloregionen som er konsistent med dagens godsmodell.

### 8.3 Utviklingsmuligheter

Rapporten beskriver en lang rekke begrensninger og utviklingsmuligheter i modellsystemet. Noen av disse er av en sånn art at de kan implementeres på kort sikt innenfor dagens modellsystem, mens andre igjen krever en større omlegging som det er naturlig å se for seg i et lengre tidsperspektiv.

Uavhengig av tidsperspektiv, er det et behov for forenkling av brukergrensesnittet i NGM. Dette gjelder både kjøring av modellen, tolkning av modellresultater og mellom modellresultater og samfunnsøkonomiske beregninger. En velutviklet brukerdokumentasjon og gjentagende opplæring av nye brukere, er nødvendig for å opprettholde og skape tillit til modellsystemet. I en slik brukerdokumentasjon er det viktig å tydeliggjøre forutsetningene i modellen og hvordan disse bidrar til modellresultatene.

#### Utviklingsmuligheter innenfor dagens modellsystem

Det pågår arbeid med nye varestrømsmatriser til NGM basert på SSB sin nye varetransportundersøkelse. I kjølvannet av nye grunnlagsdata for varestrømmer vil det bli foretatt en gjennomgang av sammensetningen av varegruppene i modellen, samt revisjonsarbeid av modellens kostnadsfunksjoner. Vi har derfor funnet det lite hensiktsmessig å påpeke svakheter ved dagens varestrømsmatriser og hvordan dette eventuelt kan lede til misvisende modellresultater. Vi finner at mye av den kritikken som har kommet mot modellapparatet bunner i utformingen av forrige varetransportundersøkelse fra SSB og at dette er på god vei til å bli rettet opp gjennom de nye varestrømsdataene.

God brukerdokumentasjon essensielt for legitimiteten til et modellsystem. Herunder sensitivitetsanalyser av viktige modellparametere. Eksempelvis har vi etterlyst en systematisk gjennomgang av hvordan valget av ulike konsolideringsmekanismer i modellen påvirker modellresultatene

Kortsiktige utviklingsmuligheter som anbefales er:

- egne transportmode for supplyfartøy til/fra installasjoner i Nordsjøen,
- innføre mulighet for kapasitetsrestriksjoner i havner,
- samsvarende transportnettverk med persontransportmodellene,
- gjennomgang og utvidelse av havnestrukturen,
- definere tomcontainere som egen vareenhet.

Nytt datagrunnlag vil gjøre resultatfilene fra modellen for store til å kunne behandles i Excel. For å ikke øke brukerterskelen til NGM bør man derfor vurdere å predefinere et nytt sett av resultatfiler som genereres automatisk.

## Utviklingsmuligheter i et lengre tidsperspektiv

I rapporten diskuteres det i hovedsak fire langsiktige utviklingsmuligheter for NGM:

- Integrerte areal- og transportmodeller
- Stokastisk modellering
- Usikkerhet i etterspørsel og transporttid
- Rutevalg og tidspunkt for levering

Dette er utviklingsmuligheter som krever en større omlegging av modellsystemet og som vil kreve flere ressurser og være mer kostnadskrevenne enn kortsiktige utviklingsmuligheter innenfor dagens modellsystem. Vi mener at det neste steget i den langsiktige utviklingen av NGM, vil være å bevege seg bort fra dagens deterministiske modell og over i retning av stokastiske elementer i modelloppsettet. Den opprinnelige planen fra oppstarten med NGM fra tidlig på 2000-tallet var å estimere en transportvalgmodell. Nye datamuligheter i for eksempel Utenrikshandelsstatistikken kan her utnyttes. Det er flere ulike måter å innføre stokastiske elementer i modelleringen og man bør her utnytte lærdom fra pågående utviklingsarbeid i det svenske godsmodellsystemet.

## Egne bymodeller

Det er økt etterspørsel etter egne logistikkanalyser for byområder. Dagens sonestruktur i NGM har for lav oppløsning til at modellsystemet er egnet for slike analyser. En kraftig utvidelse av antall soner innenfor dagens modellsystem er ikke å anbefale. Dette vil gi en unødvendig økning i kompleksitet og i vårt syn ikke være i tråd med intensjonen for Nasjonal godsmodell. Den nye varestrømsundersøkelsen har gitt økt datatilgjengelighet som muliggjør utviklingen av egne modeller for byområder og man bør vurdere å starte utviklingen av en bymodell for Osloregionen som er konsistent med NGM. I et slikt nytt modellsystem kan man for eksempel modellere rutevalg for godstransporten hvor det er flere avsendere og mottakere på samme godsrute og hvor det differensieres på leveringstidspunkt. Dette siste muliggjør for eksempel analyser av kjøprising og andre tidsdifferensierte tiltak i transportsystemet. Andre aktuelle analysemuligheter i et slikt modellsystem vil for eksempel være restriksjoner på kjøretøyteknologier i sentrumssoner.

## 9 Referanser

- Abate, M., et al. (2014). Joint econometric models of freight transport chain and shipment size choice, Report prepared for Trafikverket, VTI, Stockholm.
- Abate, M., et al. (2016). Estimation and implementation of joint econometric models of freight transport chain and shipment size choice. CTS Working paper 2016:1.
- Boerkamps, J. and A. Van Binsbergen (1999). GoodTrip—A new approach for modelling and evaluation of urban goods distribution. Urban Transport Conference, 2nd KFB Research Conference.
- Börjesson, M. and J. Eliasson (2011). "On the use of "average delay" as a measure of train reliability." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 45(3): 171-184.
- Caspersen, E., et al. (2016). Norwegian Logistics Model: Moving from a deterministic framework to a random utility model, TØI-rapport 1538/2016, Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- de Jong, G., et al. (2008). Method Report - Logistics Model in the Norwegian Freight Model System. Deliverable 6A. , Significance, Den Haag.
- De Jong, G., et al. (2013). Method Report - Logistics model in the Norwegian national freight model system (version 2). The Hague, Significance.
- De Jong, G., et al. (2016). "A time-period choice model for road freight transport in Flanders based on stated preference data." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 86: 20-31.
- Fjendbo Jensen, A., et al. (2016). "A model for freight transport chain choice in Europe." Paper presented at hEART 2016, Delft.
- Fosgerau, M. and L. Engelson (2011). "The value of travel time variance." *Transportation Research Part B: Methodological* 45(1): 1-8.
- Fosgerau, M. and A. Karlström (2010). "The value of reliability." *Transportation Research Part B: Methodological* 44(1): 38-49.
- Homleid, T., et al. (2016). Forsøk på å beskrive det ugjennomtrengelige - en vurdering av Nasjonal godsmodell, Vista Analyse 2016/52.
- Hovi, I. B., et al. (2015). Varestrømsmatriser med basisår 2012/2013, TØI rapport 1399/2015 Transportøkonomisk institutt.
- Hovi, Inger Beate, Caspersen, Elise, Johansen, Bjørn Gjerde, Madslie, Anne og Wiljar Hansen 2015. *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. TØI-rapport 1393/2015. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Johnson, D. and G. De Jong (2011). Shippers' response to transport cost and time and model specification in freight mode and shipment size choice. International Choice Modelling Conference 2011.
- Larsen, O. (2014). *Validering av godstransportmodellen*. Arbeidsrapport / Møreforskning Molde AS nr. M 1403, Møreforskning Molde.

- Madslie, A., et al. (2015). *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen.*, TØI rapport 1429/2015 Transportøkonomisk institutt.
- Minken, H. & Samstad, H. (2005). *Nyttekostnadsanalyser i transportsektoren: Rammeverk for beregningene.* TØI rapport 798/2005. Oslo.
- Outwater, M., et al. (2012). *Tour-based and Supply Chain Modeling for Freight.* CMAP Pre-Symposium Webinar on Advanced Modeling.
- Straume, A og Bertelsen, D. (2015). *Brukerveiledning EFFEKT 6.6 : brukerveiledning.* Nr. 356. Vegdirektoratet, februar 2015.
- Wang, Q. and J. Holguin-Veras (2009). *Tour-based entropy maximization formulations of urban freight demand.* Transportation Research Board 88th Annual Meeting.
- Windisch, E., et al. (2010). *A disaggregate freight transport model of transport chain and shipment size choice.* ETC 2010: European Transport Conference, Glasgow, UK, 11-13 October 2010, Association for European Transport (AET).
- Wisetjindawat, W., et al. (2007). *Micro-simulation model for modeling freight agents interactions in urban freight movement.* CD Proceedings, 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC.



## Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside [www.toi.no](http://www.toi.no).

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se [www.ciens.no](http://www.ciens.no)). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

### Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt  
Gautstadalléen 21  
NO-0349 Oslo

22 57 38 00  
[toi@toi.no](mailto:toi@toi.no)  
[www.toi.no](http://www.toi.no)